

# 5º Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas

"Agricultura digital: o produtor rural  
no centro das novas tecnologias"



## APSVI AMÉRICA

24 e 25 de setembro de 2019  
NÃO-ME-TOQUE - RS - BRASIL

## TRABALHOS COMPLETOS

Editora CESPOL

ISBN: 978-65-990392-0-1

---

**PREFEITURA MUNICIPAL DE NÃO-ME-TOQUE, RS  
SINDICATO RURAL DE NÃO-ME-TOQUE  
SISTEMA FARSUL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COTRIJAL**

**CONGRESSO SUL AMERICANO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO E  
MÁQUINAS PRECISAS**  
Tema: “**AGRICULTURA DIGITAL: o produtor rural no centro das novas  
tecnologias**”.

**5ª Edição**

**LIVRO DIGITAL**  
**TRABALHOS COMPLETOS DO V CONGRESSO SULAMERICANO DE  
AGRICULTURA DE PRECISÃO E MÁQUINAS PRECISAS**  
**2ª Edição**

**Organização do Livro Digital Lúcio de Paula Amaral**

**24 a 25 de setembro de 2019**

**Não-Me-Toque – RS – Brasil**

**2020**

**ISBN: 978-65-990392-0-1**

---

## ORGANIZAÇÃO/REALIZAÇÃO DO EVENTO

### Organizadores

Prefeitura Municipal de Não-Me-Toque, RS

Sindicato Rural de Não-Me-Toque

Sistema FARSUL

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (PPGAP; Projeto Aquarius; FIEEX Politécnico 2019)  
Cotrijal

### Patrocinadores Ouro

STARA

JOHN DEERE

SENAR-RS

REINO DOS PAÍSES BAIXOS

### Patrocinador Prata

MASSEY FERGUSON

### Apoiadores

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

EMATER/RS

SICREDI

JACTO

AsBraAP

DGNet

FERTILÁQUA

AGRICULTURA DE ALTA PRECISÃO

### Comissão Organizadora

#### Diretoria do APSUL

**Presidente do APSUL:** Teodora Berta Souilljee Lütkemeyer (Sindicato Rural)

**Coordenador Técnico do Evento:** Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado (UFSM)

**Coordenador do Comitê Científico do Evento:** Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral (UFSM)

#### Membros do APSUL

Alexandre Prado – FARSUL;

Cláudio Rocha – FARSUL;

Jair Selomar Kilpp – Prefeitura Municipal de Não-Me-Toque;

Leonardo Kerber – COTRIJAL;

Lúcio de Paula Amaral – UFSM/PPGAP;

Rosaura Allebrandt Kohlrausch – Prefeitura Municipal de Não-Me-Toque;

Telmo Jorge Carneiro Amado – UFSM/PPGAP;

Teodora Berta Souilljee Lütkemeyer – Sindicato Rural de Não-Me-Toque;

Willibrordus Henricus Van Lieschout – Sindicato Rural de Não-Me-Toque.

#### Equipe de Apoio

Cintia Roberta dos Santos Dal Vesco;

Cristina Napp;

Jacques Petry;

Jonas Rafael Reis;

Ricardo Schwingel;

Silon Júnior Procath da Silva;

Thais da Silva de Quadros.

---

### **Membros do Comitê Científico (Lista de Revisores e Pareceristas *ad hoc*)**

Alessandro Carvalho Miola	Colégio Politécnico/UFSM
Alexandre Russini	UNIPAMPA; UFSM/PPGAP
Antonio C. Mortari	Colégio Politécnico/UFSM
Christian Bredemeier	UFRGS; UFSM/PPGAP
Claire Delfini Viana Cardoso	Colégio Politécnico/UFSM/PPGAP
Cleiton Jose Ramao	IRGA
Damaris Gonçalves Padilha	DER-CCR/UFSM
Daniely Vaz Rodrigues da Silva	PPGCS/UFSM
David Ferreira Mojaravscki	Dell EMC; PPGSI-EACH/USP
David Peres da Rosa	IFRS - Campus Sertão
Deivid Araujo Magano	UNIJUI
Dejales Fioresi	PPGAP/UFSM
Deoclides de Oliveira Neto	PPGAP/UFSM
Diego Lopes dos Santos	AGCO América do Sul; PPGAP/UFSM
Douglas Senger de Brito	PPGAP/UFSM
Eder Luis Sari	CAMPEAR; PPGAP/UFSM
Edgar Salis Brasil Neto	UNIPAMPA
Eduardo Leonel Bottega	UFSM-CS/PPGAP
Elisiane Alba	PPGEF/UFSM
Fábio Lucas Izaquirre Martins	UNIPAMPA
Felipe Pesini	DRAKKAR; PPGAP/UFSM
Felipr Arthur Baron	PPGAP/UFSM
Ignacio Ciampitti	KANSAS UNIVERSITY, EUA
Jardes Bragagnolo	URI
Jéssica Rodrigues Da Silva	PPGEA/UFSM
Jonas Rafael Reis	Stara
Jonathas Wouters	DRAKKAR; PPGAP/UFSM
José Cardoso Sobrinho	UFSM/PPGAP
Juliano Dalcin Martins	DER-CCR/UFSM
Julio César Wincher Soares	URI
Liane de Souza Weber	DER-CCR/UFSM
Lourenço Salbego	PPGAP/UFSM
Luan Pierre Pott	PPGEA/UFSM
Luciano Gebler	EMBRAPA - Uva e Vinho; UFSM/PPGAP
Luciano Gebler	EMBRAPA - Uva e Vinho
Luciano Zucuni Pes	UFSM/PPGAP
Lúcio de Paula Amaral	DER-CCR/UFSM/PPGAP
Luiz Felipe Diaz de Carvalho	Colégio Politécnico/UFSM/PPGAP
Luiz Patric Kayser	Colégio Politécnico/UFSM/PPGAP
Marcelo Hirt	John Deere Brazil; PPGAP/UFSM

Marceli Piccin	PPGCS/UFSM
Márcio da Silva Santos	PPGAP/UFSM
Márcio Viera	Colégio Politécnico/UFSM
Marco Ivan Rodrigues Sampaio	UNICRUZ; PPGAP/UFSM
Mário Hideo Sassaki	APAGRI; PPGAP/UFSM
Mauricio Paulo Batistella Pasini	UNICRUZ
Michele Fornari	UPF
Natália Duarte Melos	DRAKKAR; PPGAP/UFSM
Núbia Pentiado Aires	Sistema Irriga; PPGAP/UFSM
Rafael Borgias Vareiro	PPGAP/UFSM
Raí Augusto Schwalbert	PPGEA/UFSM
Ravel Feron Dagios	SLC - John Deere
Renato Serena Fontaneli	EMBRAPA - Trigo
Ricardo Melchiori	INTA - Argentina
Telmo Jorge Carneiro Amado	UFSM/PPGAP/PPGEA/PPGCS
Valmir Aita	Colégio Politécnico/UFSM
Valmir Werner	DER-CCR/UFSM
Vinicius da Silva Dutra	COTRIJAL; PPGAP/UFSM
Vinicius Freitas Pedron	UFSM
Yesica Ramirez Flores	PPGEA/UFSM
Zanandra Boff de Oliveira	UFSM-CS

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO (PPGAP)**

**MESTRADO PROFISSIONAL - COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM**

**Responsabilidade pela edição do Livro Digital:**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão – PPGAP

Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado

Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral

**Organização do Livro Digital**

Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral

**Diagramação do Livro Digital**

Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral

Gilce Vanice Plate

Alencar Lucas de Oliveira

Regiane Aparecida Ferreira

Ricardo Schwingel

**Arte da Capa do Livro Digital**

Ricardo Schwingel

**Ano da Publicação 2020**

**Endereço:**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Colégio Politécnico da UFSM

Prédio 70, Bloco F, Sala 211-A, Santa Maria, RS

Brasil, CEP 97.105-900, Camobi.

Telefone: (55) 3220 9419 (ramal 253)

e-mail: ppgap@politecnico.ufsm.br

C749t Congresso Sul Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas  
Precisas (5. : 2019 : Não-Me-Toque, RS)  
Trabalhos completos do V Congresso Sul Americano de Agricultura  
de Precisão e Máquinas Precisas [recurso eletrônico] / V Congresso Sul  
Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 24 a  
25 de setembro de 2019 : organização Lúcio de Paula Amaral. –  
Não-Me-Toque, RS : Prefeitura Municipal : Santa Maria, RS : UFSM,  
PPGAP, 2020.  
1 e-book : il.  
  
Tema: Agricultura digital : o produtor rural no centro das novas  
tecnologias  
  
1. Agricultura de precisão – Geotecnologias aplicadas – Eventos  
2. Agricultura digital – Eventos 3. Agricultura 4.0 – Eventos I.  
Amaral, Lúcio de Paula II. Título.  
  
CDU 631.15(063)  
631.17(063)

---

## PREFÁCIO

A **Agricultura de Precisão (AP)** passou por evoluções nos últimos anos e hoje vivenciamos as soluções integradas e conectadas da **Agricultura Digital**, que se propõem a auxiliar na **resolução de vários problemas nas lavouras** no mundo todo, inclusive nas lavouras brasileiras e **proporcionar aumento sustentável de produtividade**.

O **Congresso Sul Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas**, também conhecido por **APSUL AMÉRICA**, que tem por objetivos tornar a Agricultura de Precisão, bem como seus atuais desenvolvimentos, ferramentas ao alcance de todos os produtores rurais, independentemente de seu porte e do estágio de adoção de AP em que se encontrem, sendo esta a motivação que estimulou **Não-Me-Toque, a Capital Nacional da Agricultura de Precisão, juntamente com seus parceiros, patrocinadores e apoiadores**, a realizar a **5ª edição do APSUL AMÉRICA**, mesmo em um cenário de instabilidade e incertezas vivenciadas no Brasil em 2019.

O público do evento foi maior que **oitocentos participantes presenciais**, além de muitos internautas, que participaram *on line* e interagiram em tempo real com o evento, sendo o público compostos por produtores rurais, técnicos de empresas privadas, cooperativas, instituições de ensino, pesquisa e extensão, consultores, estudantes de diversos níveis de formação e qualificação técnico-científico, além de expositores, painelistas, autoridades nacionais e internacionais, dentre outros, sendo **o 5º APSUL AMÉRICA, considerado por estes, o maior evento de Agricultura de Precisão realizado no Brasil até então**. Desta forma o objetivo do APSUL AMÉRICA foi alcançado, e isso nos motiva ainda mais a **trabalhar pela Agricultura Brasileira** e da América do Sul.

O tema escolhido para a 5ª edição do APSUL foi **"Agricultura Digital: o produtor rural no centro das novas tecnologias"**, sendo abordado no congresso a relação dos produtores rurais e técnicos com a evolução da Agricultura de Precisão para os conceitos e tecnologias diversas que caracterizam a Agricultura Digital, tais como as **plataformas digitais, a tecnologia e conectividade das máquinas** e implementos, o massivo volume de captura, processamento e armazenamento de dados destinados a geração de informações precisas, que auxiliem no **manejo das culturas e gestão das propriedades**, com uso da **internet das coisas, big data e inteligência artificial**, dentre outras tecnologias, bem como a **sucessão na gestão do empreendimento ou propriedade agrícola** e também a **participação marcante das mulheres nestes processos**, dentre outros assuntos que compuseram a programação técnica e científica do congresso.

Nesta obra apresentamos a **2ª edição do Livro Digital (e-book)** do Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, referente a sua 5ª edição realizada em 2019, a ser **distribuída gratuitamente** pela internet, disponibilizando ao público em geral trabalhos completos, na forma de capítulo de livro, apresentados no evento na forma de pôster, organizados em três categorias, sendo os **Trabalhos Científicos, as Descrições de Casos Técnicos e os Relatos de Experiência**, sendo as duas primeiras formas destinados aos pesquisadores e técnicos e a última destinada aos agricultores, para que estes também compartilhem seus conhecimentos. Os trabalhos foram organizados em três áreas temáticas, baseadas nas Linhas de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão da UFSM, sendo **Manejo Específico de Solo e Planta, Geotecnologias Aplicadas à Agricultura de Precisão e Sistemas Mecanizados em Agricultura de Precisão**.

Não-Me-Toque, RS, Brasil, 04 de março de 2020.

**Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral**  
**Coordenador do Comitê Científico**  
**Representando a Organização do 5º APSUL AMÉRICA**  
**e o PPGAP-UFSM**

---

## PREFACE

The **Precision Agriculture (PA)** has undergone developments in recent years and today we are experiencing the integrated and connected solutions of Digital Agriculture, which are intended to assist in **solving various problems in crops** worldwide, including in Brazilian crops and **provide sustainable increase of productivity**.

The **South American Congress of Precision Agriculture and Precise Machines**, also known as **APSUL AMERICA**, which aims to make Precision Agriculture, as well as its current developments, tools available to all rural producers, regardless of their size and stage adoption of PA in which they find themselves, this being the motivation that stimulated **Não-Me-Toque, RS, Brazil, the National Capital of Precision Agriculture, together with its partners, sponsors and supporters**, to hold the **5<sup>th</sup> edition of APSUL AMÉRICA**, even in a scenario of instability and uncertainties experienced in Brazil in 2019.

The **participating public in person** at the congress **was over eight hundred people**, in addition to many Internet users, who participated online and interacted in real time with the event, with the public being composed of rural producers, technicians from private companies, cooperatives, educational institutions, research and extension, consultants, students of various levels of training and technical-scientific qualification, as well as exhibitors, panelists, national and international authorities, among others, **being the 5<sup>th</sup> APSUL AMÉRICA, considered by them, the largest Precision Agriculture event held in Brazil until then**. In this way, the goal of APSUL AMÉRICA was achieved, and this motivates us even **more to work for Brazilian Agriculture** and South American Agriculture.

The theme chosen for the 5<sup>th</sup> edition of APSUL was **"Digital Agriculture: the rural producer at the center of new technologies"**, and the congress addressed the relationship of rural producers and technicals with the evolution of Precision Agriculture for the concepts and diverse technologies that characterize the Digital Agriculture, such as **digital platforms**, the **technology and connectivity of machines** and implements, the massive volume of data capture, processing and storage data intended for the generation of accurate information, which assist in **crop management and rural property management**, with the use of **internet of things, big data and artificial intelligence**, among other technologies, as well as the **succession in the management of the enterprise or agricultural property** and also the **marked participation of women in these processes**, among other matters that made up the technical and scientific programming of the congress.

In this work we present the **2<sup>nd</sup> edition of the Digital Book (e-book)** of the South American Congress on Precision Agriculture and Precise Machines, referring to its 5<sup>th</sup> edition held in 2019, to be distributed free of charge on the internet, making available to the general public complete papers, in the form of a book chapter, presented at the event in the form of a poster, organized into three categories, namely **Scientific Papers, Technical Case Descriptions and Experience Reports**, the first two of which are intended for researchers and technicians and the last aimed at farmers, so that they also share their knowledge. The works were organized in three thematic areas, based on the Research Lines of the Postgraduate Program in Precision Agriculture at UFSM (PPGAP-UFSM), with **Specific Management of Soil and Plant, Geotechnologies Applied to Precision Agriculture and Mechanized Systems in Precision Agriculture**.

Não-Me-Toque, RS state, Brazil, march 4, 2020.

**Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral**  
**Scientific Committee Coordinator**  
**Representing the Organization of the 5<sup>th</sup> APSUL AMÉRICA**  
**And the PPGAP-UFSM**



---

## SUMÁRIO

<b>ÁREA TEMÁTICA: MANEJO DE SÍTIO ESPECÍFICO DE SOLO E PLANTA .....</b>	<b>12</b>
Altitude, produtividade e condutividade elétrica aparente do solo como fatores delimitadores de zonas de manejo em sistema de plantio direto.....	13
Tomada de decisão de percevejos Pentatomídeos em função da cultivar de soja .....	25
Variabilidade da biomassa do nabo forrageiro e seu impacto na produtividade da soja .....	32
Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com diferentes usos agrícolas .....	48
Efeito da distribuição da palha de soja na emergência de aveia preta.....	57
Estudo de correlações de atributos químicos e físicos do solo com a produtividade de milho e soja no município de Cachoeira do Sul-RS .....	64
Componentes de rendimento da soja produzidos em diferentes sistemas de cultivo e apresentados por meio de “Krigagem” .....	72
Correlação entre os penetrômetros manual e automático na determinação da resistência mecânica a penetração em Latossolo Vermelho .....	82
Utilização de ferramentas de Agricultura de Precisão na definição de zonas de manejo.....	90
Distribuição de atributos químicos do solo em diferentes profundidades e zonas de produtividade .....	99
Produtividade da cultura da soja associada aos teores de Fósforo e de Potássio do solo em um talhão com diferentes potenciais produtivos .....	107
Estratégias de melhoria da camada de enraizamento de um Latossolo como atenuante de déficit hídrico para a cultura da soja .....	117
Variabilidade espacial de macronutrientes e plantas daninhas no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul.....	126
Variabilidade espacial do pH e Alumínio do solo em diferentes camadas .....	137
Variabilidade espaço-temporal da resistência mecânica do solo à penetração e suas relações com diferentes propriedades físicas dos solos, sob diferentes sistemas de manejo.....	145
Mapeamento do efeito da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu como alternativa para a descompactação biológica .....	156
Dinâmica espaço-temporal da Matéria Orgânica do Solo e sua relação com os atributos do terreno, numa Catena do Pampa Gaúcho – Três anos de monitoramento .....	164
Variabilidade espaço-temporal da acidez e da demanda por calagem dos solos cultivados com soja, numa Catena do Pampa .....	174
Diferentes subsolagens na cultura do milho ( <i>Zea mays</i> L.) .....	184
Variabilidade espacial de plantas daninhas em grade amostral anterior ao cultivo do trigo .....	193
Crop mapping of two winter crops using time-series and field crop data in Northwest Rio Grande do Sul.....	203
Efeito dos condicionadores de solo sobre o sistema radicular, reflectância e produtividade da	

soja .....	212
Acidez dos solos da Região das Missões, RS .....	223
Distribuição intraplanta de Noctuídeos em soja.....	231
Efeito da aplicação de Óxido de Cálcio na dispersão de Argila em um Latossolo de textura argilosa .....	238
Tomada de decisão de Noctuídeos em função da cultivar de soja.....	244
Variabilidade espaço-temporal da Acidez Ativa do Solo e da Saturação por Bases e Alumínio, numa Catena do Pampa, cultivada com soja – 4 anos de monitoramento .....	257
Variabilidade espacial das frações de Fósforo numa Catena de solos do Pampa.....	266
Quantificação da liberação de C-CO <sub>2</sub> pela decomposição de diferentes resíduos vegetais com vistas a adoção da agricultura de precisão .....	275
Memória digital gerada no mapeamento georreferenciado de propriedades químicas e físicas de solo .....	285
Mapeamento da variabilidade espacial de plantas daninhas em sistema de plantio direto e preparo convencional do solo – Nova Andradina/MS .....	292

<b>ÁREA TEMÁTICA: GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À AGRICULTURA DE PRECISÃO .....</b>	<b>302</b>
Variabilidade espacial de plantas daninhas utilizando sensor comercial de pulverização localizada.....	303
Estimativa de produtividade da soja em estádios reprodutivos a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obtido por diferentes plataformas .....	312
Análise de cluster aplicada a índices de vegetação na cultura do milho .....	322
Variabilidade espacial de índice de vegetação (NDVI) aplicado à classificação de pastagens degradadas.....	332
Utilização de três dimensões de grades de amostragem observando a variabilidade dos atributos do solo.....	343
Uso de imagens e processamento de baixo custo para quantificar taxa de cobertura do solo em sistemas consorciados.....	353
Épocas de avaliação e crescimento de feijoeiro comum tipo exportação com uso de aplicativo .....	362
Uso de aplicativo na avaliação do crescimento de feijoeiro com grãos especiais após a emergência das plantas.....	369
Definição de doses de Nitrogênio em cobertura em cultivares de feijão comum utilizando índices espectrais .....	377
Condutividade elétrica do solo e índices de vegetação como ferramenta de análise dos atributos do solo .....	386
Delimitação de zonas de manejo para gerenciamento na Agricultura de Precisão.....	395
Análise de desempenho de smartphones em levantamentos planimétricos com fins agrícolas	402
Agricultura de Precisão na pós-colheita: qualidade tecnológica de grãos armazenados a baixas temperaturas.....	412
Comportamento da assinatura espectral em relação com a produtividade da cultura da soja..	422

Uma nova abordagem do controle de qualidade no monitoramento de sensores remotos proximais.....	430
Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e doses de N em genótipos de cevada.....	438
Influência do espaçamento do componente arbóreo sobre a disponibilidade de radiação.....	445
Análise temporal na cultura da soja por meio do Sensoriamento Remoto terrestre e cartas de controle .....	456
Avicultura de Precisão: correlação da produtividade com o ambiente térmico em aviário de postura no IFMS – <i>Campus Nova Andradina</i> .....	467
Banco de dados geográfico para o fortalecimento da cadeia apícola .....	477
Mensuração de pH a campo através do Eletrodo de Íon-Seletivo de Antimônio visando alternativa as aos métodos laboratoriais .....	485
O índice de vegetação GNDVI obtido por aeronave remotamente pilotada e sua correlação com a produtividade de grãos de milho.....	495
Remoção de outliers em mapas de produtividade utilizando métodos de filtros globais.....	506
Correlação de índice de clorofila falker e pigmentos fotossintéticos de milho .....	513

## **ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE SISTEMAS MECANIZADOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO .....**

**519**

Uso do controle estatístico de processos em dados de telemetria em colhedora de cana-de-açúcar .....	520
Abordagem ergonômica na Agricultura de Precisão na operação de preparo do solo.....	527
Precisão e acurácia na distribuição longitudinal de sementes de trigo através de um dosador-apanhador com auxílio pneumático .....	539
Perdas quantitativas e tamanho de amostra na colheita mecanizada de soja .....	551
Caracterização da semeadura mecanizada de soja na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul	563
Estudo do efeito da compactação do solo relacionado à lastragem líquida e pressão de insuflação, evidenciando a necessidade do controle de tráfego agrícola.....	575
Efeito temporal da descompactação com diferentes subsolagens e a infestação de plantas daninhas .....	585
Qualidade de semeadura do feijoeiro comum ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) em função de diferentes erros de distribuição na linha de semeadura .....	596
Análise da dependência espacial da velocidade de deslocamento de uma colhedora de cana-de-açúcar .....	604

## **MODALIDADES: DESCRIÇÃO DE CASOS TÉCNICOS E RELATOS DE EXPERIÊNCIA EM AGRICULTURA DE PRECISÃO .....**

**611**

Resistência mecânica à penetração em um Nitossolo Vermelho Distroférico conduzido em três tipos de uso.....	612
Novos olhares para Agricultura. Manejo de sítio específico de solo e planta.....	623
Classificação supervisionada com algoritmo <i>Random Forest</i> como alternativa ao controle de parcelas em área experimental .....	628

Como Geoestatística e Krigagem Ordinária realizam estimativas? Um exemplo descritivo para predição de pH no solo e incerteza associada .....	633
Proposição de metodologia para mapeamento e geoestatística na viticultura sobre sistema de condução de espaldeira baseado em um estudo de caso .....	642
Automação da fruticultura de precisão no brasil: uma revisão .....	652
Quantificação do desenvolvimento de <i>Trichoderma</i> em antagonismo com <i>Fusarium</i> , utilizando aplicativo de Sensoriamento Remoto .....	662
Agricultura de Precisão no Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria .....	669
BASE – Precisão na Agricultura: 15 anos de experiência .....	673

## **ÁREA TEMÁTICA: MANEJO DE SÍTIO ESPECÍFICO DE SOLO E PLANTA**

# ALTITUDE, PRODUTIVIDADE E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO COMO FATORES DELIMITADORES DE ZONAS DE MANEJO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

## *Altitude, Yield and Apparent Soil Electrical Conductivity as Delimitation Factors of Management Zones in No-tillage*

Eduardo Leonel Bottega<sup>1\*</sup>, Zanandra Boff de Oliveira<sup>1</sup>, Crístielle König Marin<sup>1</sup>, Alicia Baumhardt Dorneles<sup>1</sup>, Daniel Marçal de Queiroz<sup>2</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Rua Ernesto Barros 1345, 96506-320, Cachoeira do Sul – Rio Grande do Sul, Brasil, \*autor correspondente, [eduardo.bottega@ufsm.br](mailto:eduardo.bottega@ufsm.br), [zanandraboff@gmail.com](mailto:zanandraboff@gmail.com), [cristiellekonig@hotmail.com](mailto:cristiellekonig@hotmail.com), [lilib.dorneles@hotmail.com](mailto:lilib.dorneles@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa - MG, 36570-900, Viçosa – Minas Gerais, [dmqueiroz@gmail.com](mailto:dmqueiroz@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil, [florestatel@hotmail.com](mailto:florestatel@hotmail.com)

### RESUMO

Técnicas de agricultura de precisão têm sido utilizadas para mapear a variabilidade espacial de atributos do solo relacionados com a produtividade. Esta informação é utilizada, principalmente, na tomada de decisão quanto ao manejo da dose de fertilizante a ser aplicada no campo. O presente trabalho teve por objetivo delimitar zonas de manejo com base no mapeamento da variabilidade espacial da altitude, produtividade e condutividade elétrica aparente do solo, em área manejada pelo sistema plantio direto, e identificar quais atributos do solo tais zonas foram capazes de diferenciar, visando o manejo localizado. O trabalho foi conduzido em uma área de produção de grãos (25,8 ha) sob plantio direto. Foi mapeada a produtividade de trigo, condutividade elétrica aparente do solo e altitude em relação ao nível do mar. Cada zona de manejo foi caracterizada pela amostragem (0-20 cm) e análise laboratorial de solo. Aplicou-se um teste de médias entre os valores de atributos do solo para identificar quais as zonas de manejo foram capazes de diferenciar. Foi possível diferenciar os valores médios de argila, cálcio, fósforo, matéria orgânica, CTC efetiva, CTC pH7 e soma de bases a partir da delimitação da área em três zonas de manejo. Recomendações de doses de fertilizantes, aplicação de calcário e ajuste da população de plantas poderiam ser realizadas com base nas zonas de manejo delimitadas. O manejo por zonas pode ocasionar redução nos custos com amostragem e análise de solo, apresentando-se como uma ferramenta viável para adoção da agricultura de precisão.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Variabilidade espacial. Fuzzy k-means.

### ABSTRACT

Precision agriculture techniques have been used to map the spatial variability of productivity-related soil attributes. This information is mainly used in decision making regarding the fertilizer dose management to be applied in the field. The present work aimed to delimit management zones based on the mapping of the spatial variability of altitude, productivity and apparent electrical conductivity of the soil, in no-tillage area, and to identify which soil attributes such zones were able to differentiate, aiming at management. located. The

work was conducted in an area of grain production under no tillage. Wheat yield, apparent soil electrical conductivity and altitude in relation to sea level were mapped. These data served as a basis for delimiting management zones. Each management zone was characterized by sampling (0-20 cm) and laboratory soil analysis. A mean test between soil attribute values was applied to identify which management zones were able to differentiate. It was possible to differentiate the average values of clay, calcium, phosphorus, organic matter, effective CEC, CEC pH 7 and sum of bases from the delimitation of the area in three management zones. Fertilizer recommendations, limestone application and plant population adjustment could be made based on the delimited management zones. The management by zones can cause reduction in costs with soil sampling and laboratorial analysis, presenting itself as a viable tool for the adoption of precision agriculture.

**Keywords:** Precision Agriculture. Spatial variability. Fuzzy k-means.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande potencial para contribuir no aumento da oferta de alimentos no mundo, além de atender à crescente demanda interna de sua população. Isso pode se alcançado pelo aumento da produção agrícola, seja pelo aumento de produtividade, seja pela expansão da área plantada (BERNARDI et al., 2015) e pela adoção de sistemas de produção ditos conservacionistas, como o plantio direto.

Através do emprego de técnicas e ferramentas de agricultura de precisão, é possível mapear a variabilidade espacial de atributos do solo que influenciam a produtividade das culturas agrícolas. Esta informação pode auxiliar na tomada de decisão quanto ao manejo da fertilidade a ser adotado na área. Para tanto, é indispensável que a caracterização de tais atributos seja realizada com base em amostragem capaz de representar estas variações (BOTTEGA et al., 2015).

Diversos estudos têm demonstrado incrementos na produtividade a partir do controle específico e localizado dos atributos que afetam a produtividade das culturas (AMARE et al., 2013; ZHANG et al., 2010; FU et al., 2010). Atualmente, a amostragem de solo em grades georreferenciadas, o mapeamento das propriedades do solo e a aplicação de corretivos e fertilizantes em taxas variáveis são as tecnologias de agricultura de precisão mais utilizadas pelos produtores (BERNARDI; INAMASU, 2014). Porém, a caracterização da variabilidade espacial de atributos do solo no campo, por meio de amostragem e análise de solo realizada em malha, exige muito tempo e é de custo elevado (BOTTEGA et al., 2015).

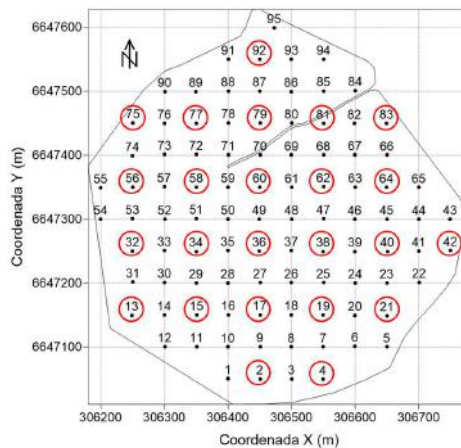
Com a crescente adoção de técnicas de manejo diferenciado do solo, como a adubação em taxa variável, possibilitadas pela adoção de máquinas específicas na agricultura de precisão, se faz necessário estabelecer sítios específicos de manejo, também chamados de zonas de manejo diferenciado (LEAL et al., 2015). Para que seja viável sua aplicação, é necessário que o mapeamento da variabilidade do solo seja rápido e de baixo custo, além disso, que a variável mapeada apresente elevada relação com atributos do solo relacionados com a produtividade das culturas, destacando-se neste cenário, o mapeamento da produtividade das culturas (MILANI et al., 2006; ZHANG et al., 2010) e da condutividade elétrica aparente do solo (MORAL et al., 2010; RODRÍGUEZ-PÉREZ et al., 2011).

O presente trabalho teve por objetivo delimitar zonas de manejo com base no mapeamento da variabilidade espacial da altitude, produtividade e condutividade elétrica aparente do solo, em área de plantio direto, e identificar quais atributos do solo tais zonas foram capazes de diferenciar, visando o manejo localizado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no município de Cachoeira do Sul (RS), em uma área de produção de grãos em sistema de plantio direto. O solo da região é classificado como Argissolo Vermelho (EMBRAPA, 2013). Foi estabelecida uma malha amostral composta por 95 pontos, com espaçamento de 50 x 50 metros, em uma área de 25,8 ha, sob pivô central (Figura 1), os quais serviram de base para obtenção dos valores de altitude, condutividade elétrica aparente (CEa) e coleta de solo para posterior análise laboratorial, buscando quantificar as porcentagens de: matéria orgânica, saturação de bases, areia, silte e argila; os teores de macronutrientes além da capacidade de troca de cátions (CTC efetiva e CTC á pH 7).

Figura 1 – Malha amostral utilizada para mensuração da CEa, obtenção do valor de altitude em relação ao nível do mar e coleta de solo (pontos circulado em vermelho).



Utilizou-se um receptor GNSS da marca Garmin®, modelo GPSMAP 62sc para localização dos pontos amostrais na área e obtenção do valor de altitude em relação ao nível do mar. O mapeamento da produtividade foi realizado por uma colhedora combinada de grãos, marca New Holland, modelo CR, equipada com pacote completo de monitoramento de colheita, que consiste em um sensor de umidade e sensor de produtividade e que, juntamente com uma antena receptora GNSS NH 372, entrega ao produtor o mapa completo, ponto a ponto, da produtividade da área colhida. Os dados coletados pelo sistema de mapeamento foram filtrados para retirada de valores discrepantes. A filtragem foi efetuada utilizando o programa computacional Map Filter, de distribuição gratuita (SPEKKEN et al., 2013).

Para obtenção da condutividade elétrica aparente do solo foi utilizado um medidor de condutividade elétrica portátil, marca Landviser®, modelo LandMapper® ERM-02. Construiu-se uma matriz de Wenner (CORWIN; LESH, 2003) com quatro eletrodos arranjados de forma a obter medições a 0,20 m de profundidade (espaçados, linearmente, em 0,2 m). A estrutura de suporte dos eletrodos foi desenvolvida utilizando tubos de metalon, parafusos de aço e fios flexíveis em cores diferentes para eletrodos de corrente (fio vermelho) e eletrodos usados na determinação da diferença de potencial (fio preto). O contato entre os parafusos de aço com o metalon foi isolado, revestindo os parafusos com mangueira de PVC.

A dependência espacial foi avaliada pelos ajustes de variogramas, pressupondo a estacionaridade da hipótese intrínseca, definida pela Equação 1.



$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad (1)$$

Em que;

$\hat{\gamma}(h)$  = Semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos;

h = Distância de separação entre pares de pontos, m;

N (h) = Número de pares experimentais de observações Z(x<sub>i</sub>) e Z (x<sub>i</sub> + h) separados por uma distância h.

Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Ajustou-se o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (OLIVER; WEBSTER, 2014). O modelo selecionado foi avaliado pela técnica de validação cruzada, que consiste em plotar em um gráfico os valores observados em campo versus aqueles estimados pelo modelo selecionado. A precisão do modelo é refletida pelos parâmetros obtidos na análise de validação cruzada, que são eles: coeficiente de determinação (quanto mais próximo do valor 1, mais precisas são as estimativas), erro padrão de predição (quanto menor, mais precisas são as estimativas) e intercepto (quanto mais próximo de zero, mais precisas são as estimativas).

Uma vez detectada a dependência espacial e ajustado o modelo teórico de semivariância, foi produzido o mapa de variabilidade do atributo. A interpolação dos mapas foi realizada utilizando krigagem ordinária. Esse método de interpolação foi selecionado porque fornece as melhores previsões lineares sem viés (BLUP), buscando a variância mínima (OLIVER; WEBSTER, 2014). Para as estimativas de valores em locais não amostrados, foram utilizados 16 vizinhos próximos e um raio de busca igual ao valor do alcance encontrado no ajuste do variograma, de forma a garantir o intervalo de continuidade espacial. A análise da variabilidade espacial foi realizada utilizando o programa computacional GS+, versão 7, os mapas temáticos foram editados no programa Surfer, versão 10.

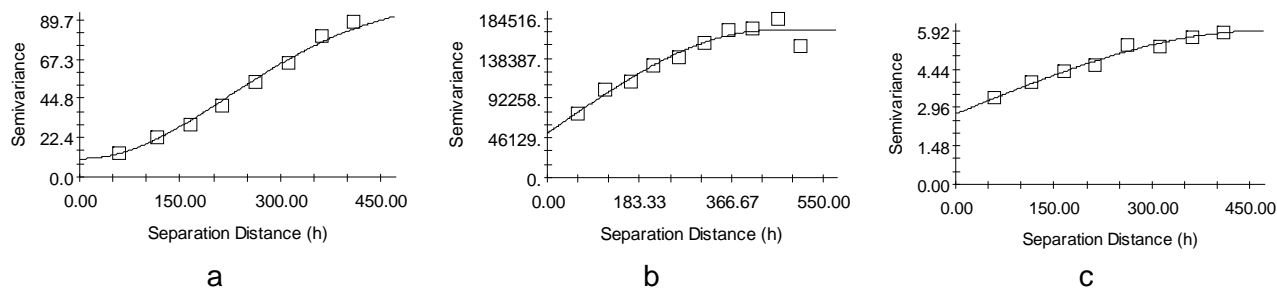
A geração de zonas de manejo foi efetuada utilizando o programa computacional KrigMe, desenvolvido por VALENTE (2010). O programa utiliza o algoritmo de classificação Fuzzy k-means na análise de agrupamento dos dados e geração das zonas de manejo. Os mapas de zonas de manejo foram produzidos organizando os dados de altitude, produtividade e CEa em duas e três zonas de manejo. Não foram produzidos mapas com maior número de zonas de manejo porque a área de estudos apresenta apenas 25,8 hectares, ou seja, quanto maior o número de zonas, menor a área de cada zona e menor a probabilidade dos pontos amostrais de solo estar localizados dentro da zona.

O mapa de pontos amostrais de solo foi sobreposto aos mapas de zonas de manejo. Os pontos amostrais de solo foram então organizados de acordo com a zona de manejo as quais pertencem, compondo assim o banco de dados utilizado para análise estatística. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Os atributos que apresentaram distribuição normal foram então submetidos ao teste de médias t (p<0,05), com o objetivo de identificar quais atributos do solo as zonas de manejo geradas foram capazes de diferenciar. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica, versão 7.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ajuste de um modelo teórico de semivariância á semivariância empírica das variáveis (Figura 2) permitiu a confecção de mapas temáticos representativos da variabilidade espacial da altitude, produtividade e CEa (Figura 3). Foram estimados os valores em locais não amostrados pelo método da krigagem, que, de acordo com Grego et al. (2014), estima valores desconhecidos utilizando os semivariogramas, que são os modelos da variação dos dados em função da distância.

Figura 2 – Modelos teóricos de semivariância ajustados á variância empírica (semivariogramas) para os atributos: altitude (a), produtividade de trigo (b) e condutividade elétrica aparente do solo (c) na área de estudos.



Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de ajuste dos semivariogramas e da análise de validação cruzada.

Tabela 1 – Parâmetros dos semivariogramas teóricos e da análise de validação cruzada referente à modelagem da dependência espacial da altitude, produtividade de trigo (PRD trigo) e condutividade elétrica aparente do solo (CEa)

Atributos	Parâmetros geoestatísticos					
	Modelo	$a^{(1)}$	$C_0+C^{(2)}$	$C_0^{(3)}$	$SQR^{(5)}$	$R^2^{(6)}$
Altitude	Gaussiano	315,40	101,60	10,30	51,80	0,99
PRD trigo	Esférico	441	170800	51400	6,34E8	0,94
CEa	Esférico	467,80	5,927	2,72	0,105	0,98
Parâmetros da análise de validação cruzada						
Coeficiente de Regressão		$Y^{(7)}$		$EPP^{(8)}$	$R^2$	
Altitude	1,052	-6,86		3,51	0,77	
PRD trigo	1,046	-194,24		301,957	0,32	
CEa	0,91	0,97		1,95	0,22	

<sup>1</sup>Alcance (m); <sup>2</sup>Patamar; <sup>3</sup>Efeito pepita; <sup>4</sup>Índice de dependência espacial; <sup>5</sup>Soma de quadrados do resíduo; <sup>6</sup>Coeficiente de determinação; <sup>7</sup>Intercepto; <sup>8</sup>Erro padrão de predição

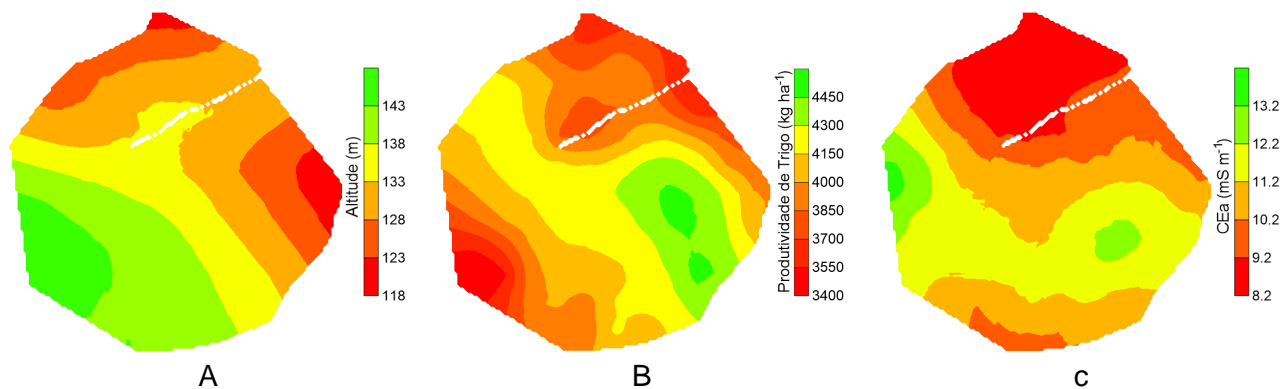
O valor do alcance, determinado pelo ajuste dos semivariogramas, foi, independente do atributo, seis vezes maior que a distância mínima entre pontos amostrais (50 metros). Uma vez que, no processo de busca por vizinhos próximos, no momento da estimativa de valores em locais não amostrados, o raio de busca adotado foi equivalente ao valor do alcance, estimativas feitas

com interpolação por krigagem utilizando valores de alcances maiores, tendem a ser mais confiáveis, apresentando mapas que representam melhor a realidade (CORÁ et al., 2004).

O menor valor de efeito pepita foi observado para o ajuste da CEa (2,72). O efeito pepita é representativo da descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. Segundo Guimarães (2004), quanto menor for a proporção do efeito pepita para o patamar do variograma, maior será a continuidade do fenômeno e a variância da estimativa, e maior será a confiança que se pode ter na estimativa.

Na Figura 3 são apresentados os mapas temáticos representativos da variabilidade espacial dos atributos estudados. Pode ser observado certa similaridade entre os mapas, sendo os menores valores de altitude, produtividade e CEa, concentrados na região norte da área.

Figura 3 – Mapas temáticos representativos da variabilidade espacial da altitude (a), produtividade de trigo (b) e condutividade elétrica aparente de um Argissolo Vermelho (c) cultivado em sistema de plantio direto.



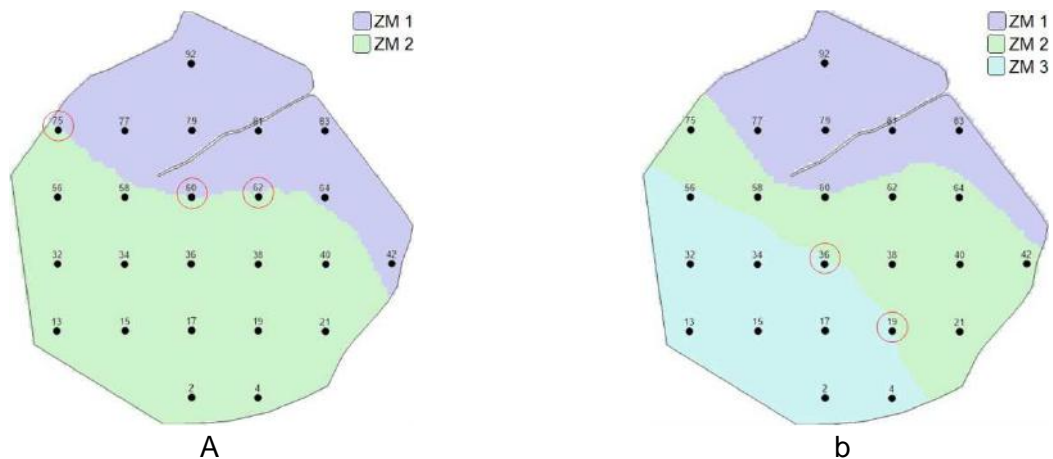
Locais de maior produtividade (acima de  $4300 \text{ kg ha}^{-1}$ ) apresentaram também maiores valores de CEa (acima de  $10,2 \text{ mS m}^{-1}$ ). Fatores como adversidades climáticas, genótipo cultivado, além de ocorrência de pragas e doenças podem influenciar a produtividade de grãos. Entretanto, quando esses fatores são minimizados, a produtividade das culturas pode ser considerada um indicador da qualidade do solo (LOPES et al., 2013).

Neste cenário, a variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo apresenta relação com a produtividade das culturas, uma vez que é influenciada pelos mesmos atributos do solo. Mudanças da disponibilidade de íons e sais no solo pode afetar a condutividade elétrica do solo, o que permite inferir que a condução de corrente elétrica ocorre de acordo com a disponibilidade e a concentração de sais e íons associados às fases sólida e líquida do solo (HEINIGER et al., 2003). Carmo; Silva (2016) estudando a relação da CEa e o crescimento de milho, concluíram que a condutividade do solo explica grande parte da variação da massa de matéria seca de milho e se relaciona positivamente à concentração de nutrientes, fatores estes, relacionados a produtividade. Estes fatos ressaltam a importância do mapeamento da variabilidade espacial da CEa e da produtividade objetivando a delimitação de zonas de manejo.

Os mapas de zonas de manejo (ZM), sobrepostos à grade de pontos amostrais de coleta de solo, estão representados na Figura 4. Foram desconsiderados no teste de médias três pontos amostrais para o mapa dividido em duas zonas de manejo (Fig. 4a) e dois pontos amostrais para o mapa com três zonas delimitadas (Fig. 4b), pois estes pontos estavam localizados sobre o limite

de transição entre zonas, não sendo possível identificar a qual zona era pertencente. Desta forma, para o mapa contendo duas zonas de manejo, a ZM 1 foi caracterizada por sete pontos amostrais e a ZM 2 por 14. Já o mapa delimitado em três zonas de manejo, a ZM 1 foi caracterizada por cinco pontos amostrais, a ZM 2 por nove e a ZM 3 por oito pontos amostrais de coleta de solo.

Figura 4 – Mapas de zonas de manejo para delimitação da área em duas zonas (a) e em três zonas (b). Pontos circulados em vermelho não foram considerados no teste de médias por estarem próximos do limite entre as zonas.

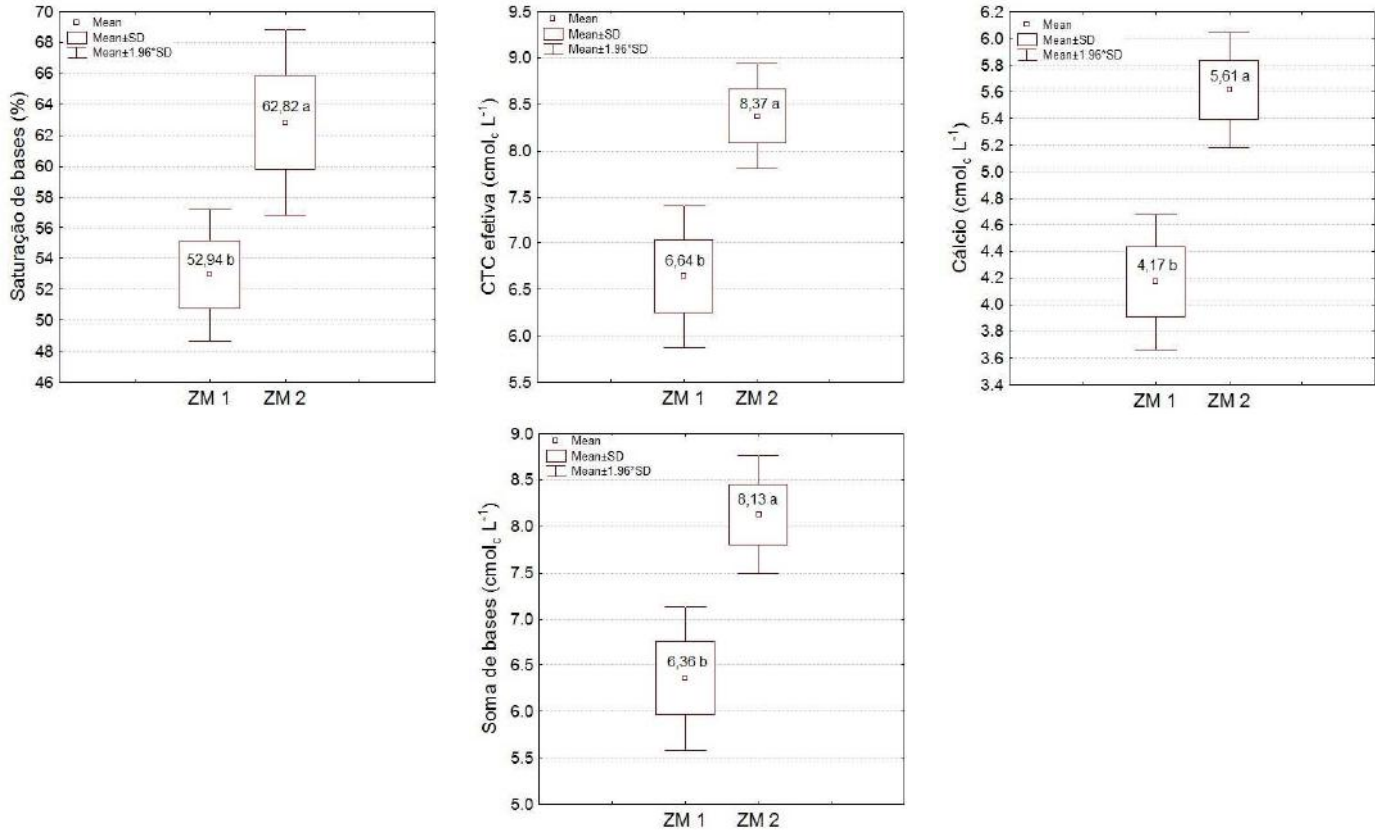


A divisão da área em duas zonas de manejo foi capaz de diferenciar os seguintes atributos do solo: saturação de bases, CTC efetiva, cálcio e soma de bases (Figura 5).

Todos estes atributos são importantes indicativos da qualidade do solo. Estudando a influência da saturação por bases (V%) do solo sobre a disponibilidade e absorção de zinco em milho, Gonçalves et al. (2018) observaram que a saturação de bases do solo afeta negativamente a disponibilidade de zinco, sendo que há influência do tipo de solo quanto ao efeito da saturação. De acordo com os autores, houve incrementos na matéria seca até V% em torno de 50%. Acima deste valor, para solo arenoso, como efeito indireto, têm-se o aumento do pH, que indisponibiliza os micronutrientes catiônicos, o que pode limitar o crescimento da planta (VALADARES et al., 2014). A saturação de bases (V%), juntamente com a CTC, são importantes informações utilizadas na tomada decisão referente à necessidade de correção da acidez do solo via aplicação de calcário, bem como no cálculo da dose a ser empregada. O uso de calcário, por sua vez, afeta de forma direta os teores de cálcio e, conseqüentemente, a soma de bases, atributos estes diferenciados pela delimitação da área em duas zonas de manejo.

A delimitação da área em três zonas de manejo foi aquela que mais diferenciou atributos do solo, totalizando sete: argila, matéria orgânica, fósforo, cálcio, CTC efetiva, CTC pH7, soma de bases e cobre (Figura 6).

Figura 5 – Gráficos Box-plot dos atributos do solo que apresentaram diferença significativa pelo teste de médias t considerando a delimitação da área em duas zonas de manejo (ZM 1 e ZM 2).



Segundo Rodrigues et al. (2013), a gestão eficaz de sítios específicos de manejo requer uma compreensão do solo e fatores ambientais que influenciam a variabilidade da produção agrícola. Esses fatores são influenciados por atributos do solo, como o teor de argila (CHEN et al., 2014) e teor de matéria orgânica, que por sua vez se correlacionam com a capacidade de troca de cátions (GRUBA; MULDER, 2015).

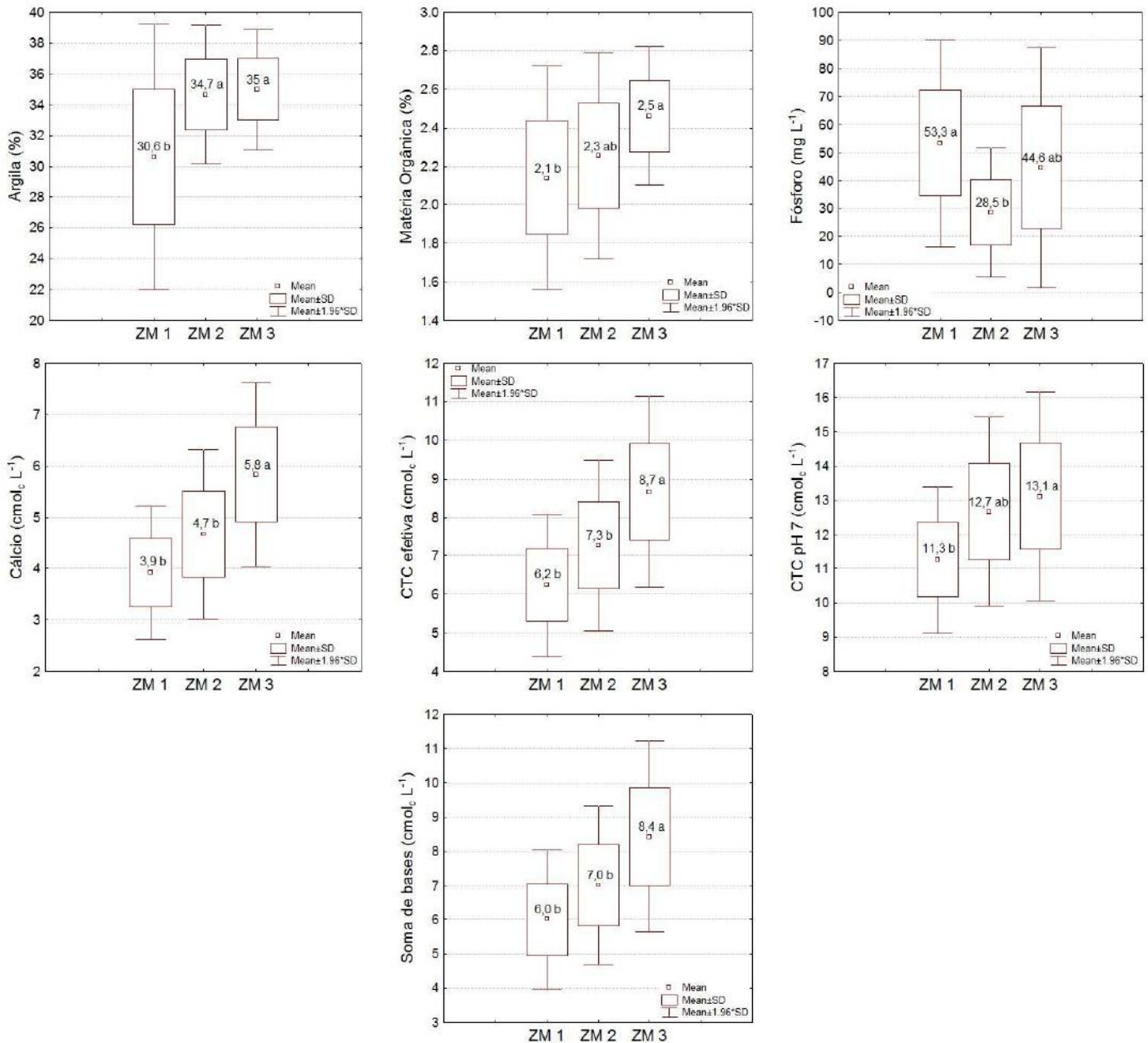
Os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (também chamados de nutrientes principais) são absorvidos pela planta em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn (também chamados de elementos traço). Ambos são constituintes dos minerais e da matéria orgânica (MO) do substrato onde a planta cresce e encontram-se também dissolvidos na solução do solo (RONQUIM, 2010). Neste contexto, zonas de manejo com maiores teores de MO e argila, como observado neste estudo, podem ser utilizadas estrategicamente na tomada de decisão quanto a população de plantas a ser implantada na área, podendo-se aumentar a população em locais com maiores concentrações de MO e teores de argila, sem que a competição entre as plantas reduza seu potencial produtivo.

No presente estudo, a delimitação da área tanto em duas quanto em três zonas, foi capaz de diferenciar a CTC efetiva, ou seja, a capacidade de troca de cátions sem considerar o íon H<sup>+</sup>. A CTC dos solos representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes.

Se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e

$K^+$ , pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como  $H^+$  e  $Al^{3+}$  este será um solo pobre. Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável; nesse caso, não se devem fazer as adubações e as calagens em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para que se evitem maiores perdas por lixiviação (RONQUIM, 2010). Embora as zonas de manejo tenham diferenciado a CTC do solo, os valores médios observadas para CTC efetiva são considerados altos ( $> 4,0 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ ) e para CTC pH 7 considerados médios ( $5,0\text{-}15,0 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ ), de acordo com classificação proposta por Sobral et al. (2015).

Figura 6 – Gráficos Box-plot dos atributos do solo que apresentaram diferença significativa pelo teste de médias t considerando a delimitação da área em três zonas de manejo (ZM1, ZM2 e ZM3).



Por fim, vale ressaltar que as variações dos atributos químicos do solo são consequências de complexas interações dos processos de sua formação e de práticas de manejo do solo e da cultura, provocadas pelas adubações e calagens sucessivas e irregulares com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo (BOTTEGA et al., 2013). A aplicação pontual dos insumos, neste cenário, além de homogeneizar a fertilidade do solo permite uma economia com aquisição dos insumos, uma vez que há um melhor controle na distribuição. Daí a importância da adoção da agricultura de precisão no processo de gerenciamento da fertilidade do solo na produção agrícola (CARNEIRO et al. 2016).

#### 4 CONCLUSÃO

A partir da organização dos atributos altitude, produtividade de trigo e condutividade elétrica aparente do solo, em um mapa delimitado em três zonas de manejo, foi possível diferenciar os valores médios de argila, cálcio, fósforo, matéria orgânica, CTC efetiva, CTC pH 7 e soma de bases. Recomendações de doses de fertilizantes, aplicação de calcário e ajuste da população de plantas poderiam ser realizadas com base nas zonas de manejo delimitadas. O manejo por zonas pode ocasionar redução nos custos com amostragem e análise de solo, apresentando-se como uma ferramenta viável para adoção da agricultura de precisão.

#### 5 REFERÊNCIAS

AMARE, T. et al. Soil properties and crop yields along the terraces and toposequece of anjeni watershed, central highlands of Ethiopia. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 2, p.134-144, 2013.

BERNARDI, A.C.C. et al. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 205-221, 2015.

BERNARDI, A.C.C.; INAMASU, R.Y. **Adoção da agricultura de precisão no Brasil**. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.

BOTTEGA, E.L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.1-9, 2013.

BOTTEGA, E.L. et al. Correlação entre condutividade elétrica aparente e atributos químicos e físicos de um Latossolo. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.2, p.134-142, 2015.

CARMO, D.L.; SILVA, C.A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.10, p.1762-1772, 2016.

CARNEIRO, J.S.S. et al. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no

- cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.14, n.2, p.10-21, 2016.
- CHEN, C. et al. Estimation of soil clay content using Hygroscopic water content at an arbitrary humidity. **Soil Science Society of America Journal**, n. 78, p. 119-124, 2014.
- CORÁ, J.E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online], v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.
- CORWIN, D.L.; LESCH, S.M. Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: Theory, Principles, and Guidelines. **Agronomy Journal**, v.95, n. 3, p. 471-471. 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 353p. 2013.
- FU, Q.; WANG, Z.; JIANG, Q. Delineating soil nutrient management zones based on fuzzy clustering optimized by PSO. **Mathematical and Computer Modelling**, v.51, p.1299-1305, 2010.
- GONÇALVES, F.A.R. et al. Influência da saturação por bases do solo sobre a disponibilidade e absorção de zinco. **Cultura Agrônoma**, Ilha Solteira, v.27, n.2, p.262-272, 2018.
- GREGO, C.R.; OLIVEIRA, R.P. de; VIEIRA, S.R. **Geoestatística aplicada a agricultura de precisão**. In: BERNARDI, A.C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A.V. de; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 5, p. 74-83
- GUIMARÃES, E.C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 77p.
- HEINIGER, R.W.; MCBRIDE, R.G.; CLAY, D.E. Using soil electrical conductivity to improve nutrient management. **Agronomy Journal**, v.95, p.508-519, 2003.
- LEAL, A.J.F. et al. Redes neurais artificiais na predição da produtividade de milho e definição de sítios de manejo diferenciado. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 4, p.436-444, 2015.
- LOPES, A.A.C. et al. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, n. 77, p. 461-472, 2013.
- MILANI, L. et al. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.4, p. 591-598, 2006.
- MORAL, F.J.; TERRÓN, J.M.; SILVA J.R.M. Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. **Soil & Tillage Research**, v.106, p.335-343, 2010.
- OLIVER, M.A.; WEBSTER, R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling



variograms and kriging. **Catena**, v.113, p.56-69, 2014.

RODRIGUES, M.S. et al. A spatial and temporal prediction model of corn grain yield as a function of soil attributes. **Agronomy Journal**, n. 105, p. 1878-1887, 2013.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, J.R. et al. Using apparent soil electrical conductivity (ECa) to characterize vineyard soils of high clay content. **Precision Agriculture**, v.12, p.775–794, 2011.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SOBRAL, L.F.; BARRETTO, M.C.V.; SILVA, A.J. da; ANJOS, J.L. dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206)

SPEKKEN, M.; ANSELMINI, A.A.; MOLIN, J.P. A simple method for filtering spatial data. In: European Conference of Precision Agriculture, *Proceedings...* 2013, Leida, Spain. Precision Agriculture 13. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2013. p. 259-266.

VALADARES, R.V. et al. Teores de nutrientes no solo e nutrição mineral do milho em áreas irrigadas com água calcária. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p.169-176, 2014.

VALENTE, D. S. M. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para definir zonas de manejo em cafeicultura de precisão**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

ZHANG, X. et al. Zone mapping application for precision-farming: a decision support tool for variable rate application. **Precision Agriculture**, v.11, p.103–114, 2010.

## TOMADA DE DECISÃO DE PERCEVEJOS PENTATOMÍDEOS EM FUNÇÃO DA CULTIVAR DE SOJA

### *Decision making pentatomid bugs in function of soybean cultivar*

Lara Moreira Souza<sup>1</sup>, Maurício Paulo Batistella Pasini<sup>1</sup>, Felipe Prates<sup>1</sup>, Eduardo Engel<sup>2</sup>,  
Rafaela da Silva Muraro<sup>1</sup>, Valentina Minuzzi<sup>1</sup>, Nadiel Kist<sup>1</sup>, Camila Masiero<sup>1</sup>, Carolina Vicensi<sup>1</sup>,  
Guilherme Santos<sup>1</sup>, Sabrina Lago Dalla Nora<sup>1</sup>, Bruno Brandão Feltrin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, Rodovia Municipal Jacob Della Méa, km 5.6 - Parada Benito,  
CEP 98005-972, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil. **E-mail: laramsouza58@gmail.com**

<sup>2</sup> Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

### RESUMO

A produção de soja vem crescendo ao longo dos últimos anos, sendo que nas duas últimas décadas houve um exponencial crescimento do cultivo à nível mundial. O trabalho teve por objetivo identificar e quantificar a tomada de decisão de percevejos pentatomídeos em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. A pesquisa foi conduzida na Área Experimental da Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil. A população de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) está presente a partir do estádio de desenvolvimento V3, chegando ao seu pico populacional no estádio R7 enquanto a população de *Dichelops furcatus* atinge seu pico populacional no estádio de desenvolvimento vegetativo V3. A cultivar AtivaRR apresentou maior densidade populacional do percevejo-marrom. Já a cultivar CZ16B39LL apresentou maior densidade populacional do percevejo *D. furcatus*. Dentre as cultivares avaliadas aquelas que apresentaram menor densidade de *E. heros* e *D. furcatus* foram BRS5601RR e TMG7062IPRO, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Euschistus heros*. *Dichelops furcatus*. *Glycine max*.

### ABSTRACT

The production of soybean are growing in long of last years, with in the last decades have a exponential growing in world level. This work had to objective identify and quantify the decision-making in bug pentatomidea in function of crops of soybean in diferents seeds development. The research was conducted in área experimental of university of Cruz Alta, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brazil. The population of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomide) are present before the seed development V3, coming to peak population on stage development R7, while the population of *Dichelops furcatus* had your peak population on vegetable stage V3. The crop AtivaRR set forth higher density population on Brown Stink Bug. And the crop CZ16B39LL set forth higher density population of Stink Bug. Among the evaluated cultivars those with the lowest density of *E. heros* and *D. furcatus* were BRS5601RR and TMG7062IPRO, respectively.

**Keywords:** *Euschistus heros*. *Dichelops furcatus*. *Glycine max*.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*), tem-se destacado na agricultura brasileira por sua importância econômica. Atualmente, a soja é o principal produto da agricultura brasileira, fortalecendo a posição do país como um dos “players” mais importantes do comércio agrícola mundial (HIRAKURI, 2014; LAZZAROTTO, 2014). A soja é a principal fonte de proteína existente no mundo, assumindo assim a liderança na composição da alimentação humana e animal. O complexo soja é uma das principais fontes de riqueza nas exportações e geração de renda dos produtores rurais (CAZAROTTO, 2019). O Brasil é o segundo maior produtor do mundo, com produção de 75 milhões de toneladas, e produtividade média de 3.106 kg/hectare em uma área plantada de 24,2 milhões de hectares. Além da importância social, ocupa mão-de-obra rural e gera renda aos mais variados setores envolvidos no processo (CARVALHO, 2012; FERREIRA, 2012; BUENO, 2012).

Embora todo esse cenário fomente a soja, a cultura tem sido atacada por várias pragas, as quais podem ocorrer durante todo o seu ciclo. A cultura abriga um número elevado de espécies de insetos, sendo que alguns causam sérios prejuízos e são considerados como pragas principais (CARVALHO, 2012; FERREIRA, 2012; BUENO, 2012).

Os percevejos fitófagos estão entre as pragas mais importantes da cultura da soja. Por se alimentarem dos grãos, afetam seriamente o seu rendimento e a sua qualidade. Ao provocarem a murcha e má formação dos grãos e vagens, a planta de soja não amadurece normalmente, permanecendo verde na época da colheita (FREITAS, 2011; MCPHERSON, 2018). Os mais importantes são os percevejos da família Pentatomidae por se alimentarem diretamente nas sementes, sendo responsáveis por danos que refletem na redução da produção, na qualidade das sementes e por transmissão de moléstias (BELORTE, et al., 2003).

Pesquisas realizadas verificaram o comportamento de sete cultivares de soja submetidas ao ataque de percevejos e observaram que a cultivar IAC-100 não apresentou redução significativa na produtividade, devido a cultivar ter sido menor atacada por percevejos (PANIZZI, 2012; BUENO, 2012; SILVA, 2012).

Trabalhos realizados verificaram que os danos causados por percevejos, mesmo em altas populações, variam em função das cultivares e da época de semeadura (BELORTE et al., 2003). Apesar da diversidade de espécies de percevejos que atacam a cultura da soja, trabalhos científicos mostram que o seu dano pode variar em função da espécie de percevejo, do nível populacional, da cultivar utilizada, do estágio de desenvolvimento das plantas, entre outros fatores (BRIDI, 2012).

A questão central da agricultura de precisão é identificar a variabilidade das áreas agrícolas e fazer com que sejam criadas alternativas de manejo. A população de insetos é dinâmica, com rápida variação espacial e atemporal, dificultando o manejo localizado. Por outro lado, a tecnificação da agricultura com desenvolvimento de máquinas e equipamentos com tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas que consistem a agricultura de precisão, podem ser utilizadas para detectar as variações no campo e realizar o controle localizado dos insetos pragas (AITA, 2013).

O conhecimento da preferência entre cultivares para percevejos são de extrema importância para a agricultura de precisão, no que tange ao gerenciamento das áreas de forma individual, principalmente por que a maioria dos produtores utilizam mais de uma cultivar por safra. Diante disso, o trabalho teve por objetivo identificar e quantificar a tomada de decisão de

percevejos pentatomídeos em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Área Experimental da Universidade de Cruz Alta (Figura 1), (Fuso 22, 244138; 6835737 UTM), Cruz Alta, RS, Brasil, clima de acordo com Koppen e Geiger do tipo Cfa em área com um hectare, com a cultura da soja, cultivada sob as recomendações técnicas com exceção para aplicação de inseticidas, a qual não foi executada.

Figura 1 – Área Experimental da Universidade de Cruz Alta.



Fonte: Autores

Foram implantadas 20 cultivares de soja, sendo elas: NS5909RR, NS5445IPRO, NS6601IPRO, NS6909IPRO, TMG7067IPRO, TMG7062IPRO, TMG7063IPRO, TMG7262RR, AtivaRR, LançalPRO, ValenteRR, GarraIPRO, 95R51RR, 95Y52RR, 96Y90RR, BRS6203RR, BRS5601RR, CZ15B92IPRO, CZ16B39LL e Syn1561IPRO, sendo executada a avaliação de insetos existentes em 8 estádios de desenvolvimento, totalizando 160 tratamentos (20 cultivares x 8 estádios de desenvolvimento) com 10 repetições. Cada cultivar foi implantada em uma área útil de 100 m<sup>2</sup>, sendo considerado para a análise da densidade populacional a média de 10 plantas, dos insetos presentes no trifólio superior, e trifólio superior -3 (considerado o terceiro trifólio abaixo do ápice da planta).

Também, entre os estádios de desenvolvimento R2 e R4, na cultivar BMX Ativa RR, em 6 horários do dia (condição de tempo aberto, típico de verão): 0 horas; 4 horas; 8 horas; 12 horas; 16 horas e 20 horas, e em 3 terços distintos da planta (altura total da planta dividida por três e avaliações concentradas no terço 10 cm para mais e para menos do ponto mensurado), foi executada a contagem dos insetos existentes, totalizando 18 tratamentos (8 horários x 3 terços)

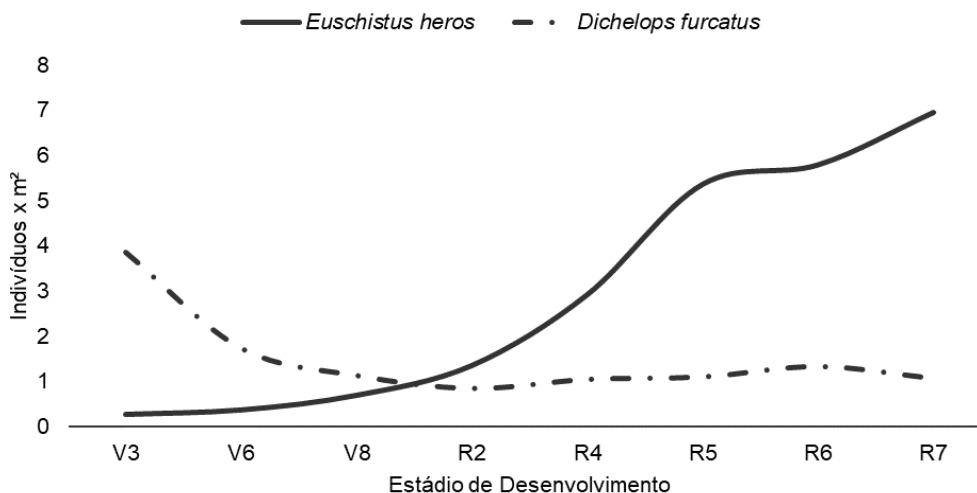
com 20 repetições, sendo considerada como unidade experimental 1/3 da planta.

Os dados de insetos foram organizados e submetidos à estatística qualitativa (presença e ausência) e quantitativa (densidade populacional). Inicialmente realizou-se as estatísticas descritivas e posteriormente aos pressupostos do método estatístico e análise. Para a verificação da normalidade dos dados e homogeneidades das variâncias foi aplicado o teste de Anderson-Darling e o teste de Bartlett. Para aqueles que não atenderam os pressupostos foram transformados, pela transformação Box e Cox. Para a comparação das médias entre os tratamentos os dados foram submetidos à análise de variância com 5% de probabilidade de erro, seguida de teste de Scott-Knott.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa, foram encontrados percevejos das espécies *Euschistus heros* (F.) e *Dichelops furcatus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Nas avaliações, de V3 a V8 verificou-se que não houve crescimento significativo no número de indivíduos por m<sup>2</sup> para a população de *E. heros*, percevejo-marrom, porém, a partir do florescimento pleno (R2) até o início da maturação (R7) houve aumento na população. Nos percevejos *D. furcatus*, barriga-verde, observou-se a redução no número de insetos a partir do estágio de desenvolvimento V3 até V6. A partir do florescimento pleno (R2) o número de indivíduos se manteve constante até o início da maturação (R7). Na figura 2, verificou-se que as populações de *Euschistus heros* apresentaram um crescimento populacional do estágio de desenvolvimento V3 ao R7 atingindo até 7 percevejos por m-2. Já para percevejos de *Dichelops furcatus*, observou-se redução na população dos insetos conforme o avanço do desenvolvimento das plantas, atingindo 1 percevejo por m-2 no estágio R7.

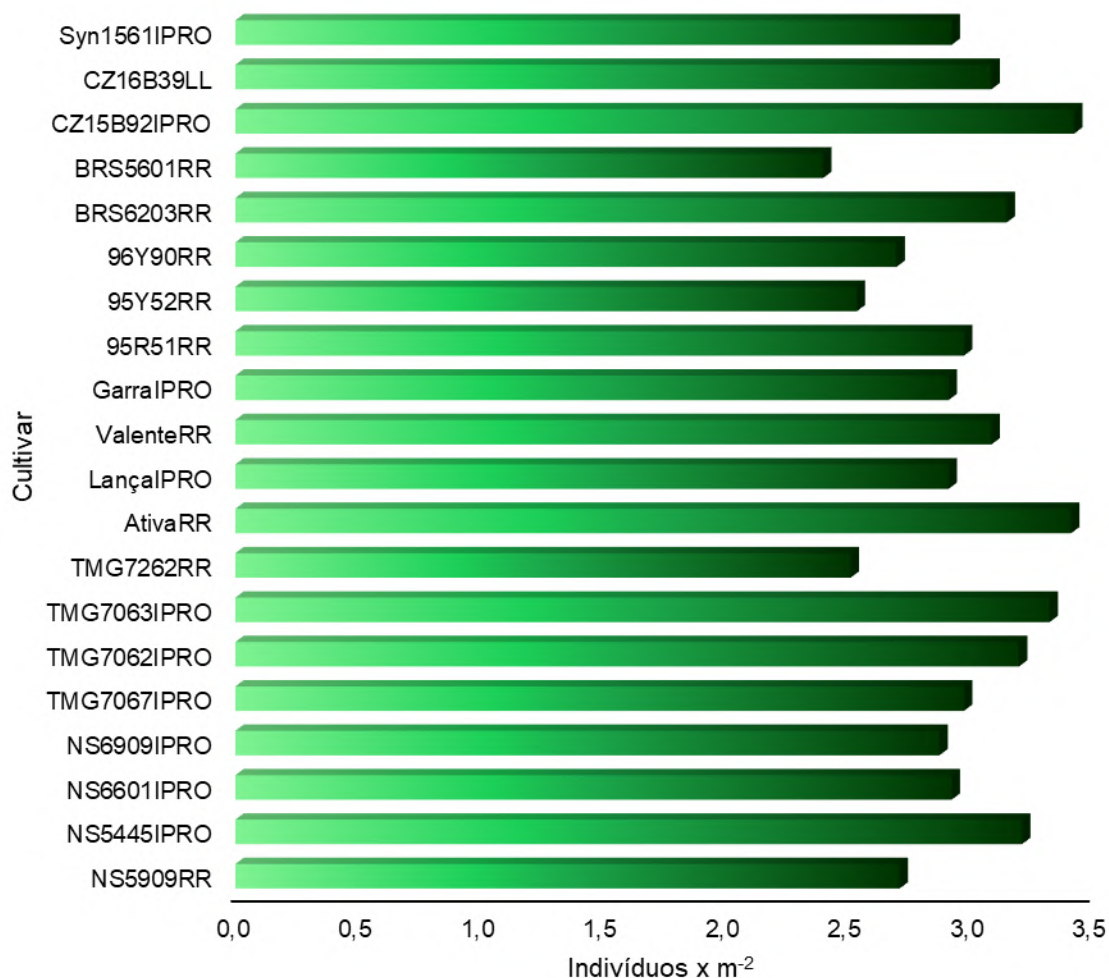
Figura 2 – Densidade populacional do percevejo-marrom (*E. heros*) e do percevejo barriga-verde (*D. furcatus*) na cultura da soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.



Ao utilizar plantas de soja infestadas por *Euschistus heros*, constatou que as alturas de plantas e os rendimentos foram menores do que o das plantas livre de insetos. Resultado que pode ser explicado pelo tempo elevado de exposição das plantas aos insetos e ao dano, durante o período de desenvolvimento de vagens (R3), quando as plantas são suscetíveis ao ataque dos percevejos sugadores. Cultivares de soja com infestação no final do desenvolvimento de vagens (R4) apresentam produtividade significativamente menor, em relação a plantas que não sofrem com ataque de percevejos, o que confirma a suscetibilidade da soja aos danos, nessa fase de desenvolvimento (CORRÊA-FERREIRA, 2005).

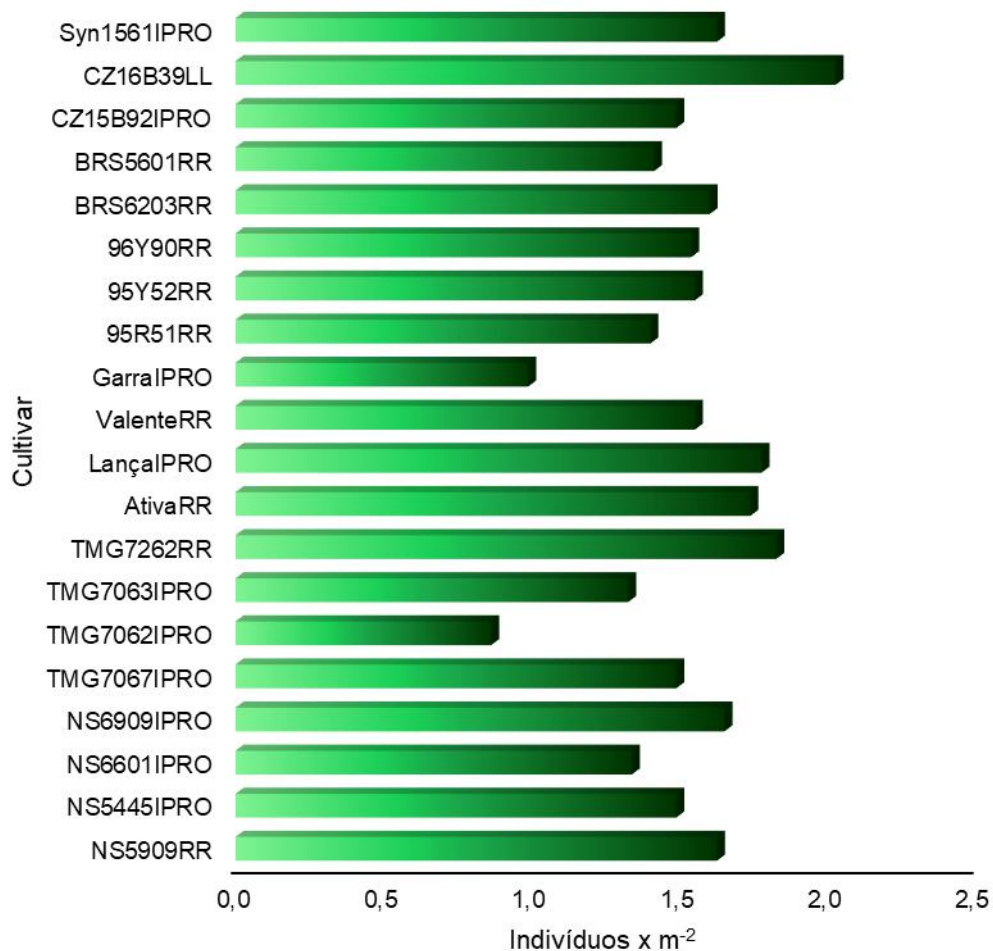
Na figura 3 e 4 são apresentados os resultados da densidade populacional do percevejo-marrom e do percevejo barriga-verde, respectivamente em função da cultivar de soja. Considerando avaliação da Figura 3 em razão da densidade populacional de percevejo-marrom (*Euschistus heros*), observou-se que as cultivares BRS5601 RR, 95Y52RR e TMG7262RR apresentaram menores densidades populacionais em detrimento de outras variedades. Já as cultivares CZ15B92IPRO, Ativa RR e NS5909RR apresentaram maior densidade populacional.

Figura 3 – Densidade populacional do percevejo-marrom (*E. heros*), em função da cultivar de soja. Área Experimental, Unicruz, 2018.



Na figura 4, envolvendo o percevejo barriga-verde (*Dichelops furcatus*), obteve-se um resultado mais satisfatório nas cultivares TMG7062 IPRO e Garra IPRO, enquanto que as cultivares CZ16B39LL e TMG7262 apresentaram maior densidade populacional do inseto.

Figura 4 – Densidade populacional do percevejo barriga-verde (*D. furcatus*), em função da cultivar de soja. Área Experimental, Unicruz, 2018.



Na tabela 1, observou-se que em todas as cultivares, conforme o aumento do estágio de desenvolvimento das plantas ocorre o aumento na densidade populacional de percevejo-marrom. O pico populacional registrado na pesquisa foi de 8,4 percevejos na cultivar TMG7062IPRO no estágio de desenvolvimento R7. Com o desenvolvimento das vagens, as populações de percevejos tendem a crescer, podendo atingir níveis elevados entre o final do desenvolvimento das vagens e início do enchimento de grãos, período em que a soja é mais sensível ao ataque desses insetos (CORRÊA-FERREIRA, 2009; KRZYZANOWSKI, 2009; MINAMI, 2009). Em relação a densidade populacional, de maneira geral, nos estádios fenológicos V3 a R2, houve baixa incidência de percevejos. A partir de R4 a densidade populacional foi crescente.

Tabela 1 - Densidade populacional do percevejo-marrom (*E. heros*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Estádio de Desenvolvimento							
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7
NS5909	RR	0 <sup>ns</sup>	0B*	1,1A*	1,1B*	2,2E*	3,5F*	6,5C*	7,3B*
NS5445	IPRO	1,5	1,2A	0,8 <sup>a</sup>	1,3B	2,4D	4,1E	6,3C	8,1A
NS6601	IPRO	0	0B	0,9 <sup>a</sup>	1,2B	2,5D	4,8D	7,1B	6,9C
NS6909	IPRO	1,3	0B	1 <sup>a</sup>	1,2B	2,6D	3,5F	5,1E	8,3A
TMG7067	IPRO	0	0B	1,2 <sup>a</sup>	1,5B	2,8D	4,8D	5,9D	7,6B
TMG7062	IPRO	0	0B	0B	1,3B	2,7D	5,4C	7,8A	8,4A
TMG7063	IPRO	0	1,1A	0,8 <sup>a</sup>	1,4B	2,8D	6,3B	6,4C	7,8B
TMG7262	RR	0	0B	0B	2,1A	2,4D	4,8D	3,9G	6,9C
Ativa	RR	1,1	0B	1,3 <sup>a</sup>	1,6B	4,4A	6,8B	4,6F	7,5B
Lança	IPRO	0	0B	0B	1,1B	3,5B	6,4B	6,5C	5,8D
Valente	RR	0	1,5A	1,1 <sup>a</sup>	1,3B	2,1E	5,5C	6,8C	6,4C
Garra	IPRO	0	0B	0B	1,2B	2,4D	6,7B	7,3B	5,7D
95R51	RR	0	0B	0B	1,4B	2,8D	6,6B	6,1D	6,9C
95Y52	RR	0	1,3A	0,9 <sup>a</sup>	1,2B	2,4D	5,4C	4,3F	4,8E
96Y90	RR	1,1	0B	0,8 <sup>a</sup>	1,2B	3,1C	3,9E	4,7E	6,8C
BRS6203	RR	0	1,2A	0,9 <sup>a</sup>	1,5B	3,1C	4,8D	6,4C	7,3B
BRS5601	RR	0	0B	0B	1,4B	4,5B	3,7E	3,8G	5,8D
CZ15B92	IPRO	0	1A	1,3 <sup>a</sup>	1,9A	3,4B	6,8B	6,1D	6,9C
CZ16B39	LL	0	0B	0,8 <sup>a</sup>	1,0B	2,5D	7,2A	5,6D	7,6B
Syn1561	IPRO	0,3	0B	0,9 <sup>a</sup>	1,1B	3,8B	6,3B	4,7E	6,3C
Coeficiente de Variação		36,9	33,7	25,4	21,2	18,6	17,5	15,3	17,9

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

A intensidade do dano causado pelos percevejos depende basicamente da espécie e de seu estágio de desenvolvimento, do estágio fenológico das plantas de soja, do tempo de permanência e do nível populacional presente na cultura. A partir do desenvolvimento das vagens (R3) verificamos que os diferentes níveis de infestação de percevejos podem afetar negativamente o rendimento e a qualidade das sementes de soja. A magnitude dos danos é variável com a espécie de percevejo mas também com a fase do desenvolvimento reprodutivo da soja, sendo, normalmente, o período entre o final do desenvolvimento das vagens (R4) e o início do enchimento dos grãos (R5) o mais crítico para a ocorrência de danos (CORRÊA-FERREIRA, 2005).

Na tabela 1, observou-se que o coeficiente de variação em V3 foi de 36,9% diminuindo conforme a desenvolvimento da planta, em R7 notou-se que o coeficiente foi de 17,9%, ou seja, com o aumento no estágio de desenvolvimento da planta aumentou a probabilidade de ocorrer o mesmo comportamento entre as diferentes cultivares. Há pesquisas onde o pico populacional aconteceram quando os grãos estavam em formação (R5), condição fenológica ideal ao desenvolvimento e reprodução dos percevejos e consequente colonização da lavoura (GUIMARÃES, 2014).

Na tabela 2, verifica-se que percevejo barriga-verde teve sua presença em todas as cultivares já no início do seu desenvolvimento. A cultivar 95R51RR apresentou maior densidade



populacional em V3 com 6,7 percevejos.

Tabela 2 - Densidade populacional do percevejo barriga-verde (*D. furcatus*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação							
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7
NS5909	RR	3,6C*	2,1B	1,1B*	0C*	2,5A*	2,1A*	0,6B*	1,2C*
NS5445	IPRO	3,2C	2,2B	1,2B	0C	3,1A	1,1B	0,4C	1,2C
NS6601	IPRO	3,5C	1,2C	1,6 <sup>a</sup>	1,8A	0C	1,1B	0,3C	1,5C
NS6909	IPRO	4,1B	1,5C	1,5 <sup>a</sup>	1,6A	0C	2,1A	1,1B	1,4C
TMG7067	IPRO	3,6C	3,6A	0,9B	0,5B	1,2B	0,5B	0,8B	0,8C
TMG7062	IPRO	2,2E	1,4C	0,8B	0C	0,6B	0,5B	0,6B	0,8C
TMG7063	IPRO	2,8D	2,2B	0,6B	0C	0,8B	0,6B	2,5A	1,1C
TMG7262	RR	3,9B	3,4A	0,9B	0C	0C	1,2B	2,4A	2,8B
Ativa	RR	3,4C	1,5C	1,1B	1,7A	0C	1,1B	1,5B	3,6A
Lança	IPRO	6,2A	1,1C	1,1B	2,2A	0C	1,6B	1,4B	0,7C
Valente	RR	4,1B	1,5C	2,2 <sup>a</sup>	1,4A	0C	0,8B	2,2A	0,6C
Garra	IPRO	3,3C	0,9C	1,2B	0,6B	0,8B	0C	1,1B	0D
95R51	RR	6,7A	0,7C	0,4B	1,7A	1,1B	0C	0,7B	0D
95Y52	RR	3,8B	1,4C	0,8B	1,3A	1,1B	1,6B	2,5A	0D
96Y90	RR	4,3B	0,8C	0,9B	1,5A	1,0B	1,3B	1,1B	1,4C
BRS6203	RR	4,5B	0,9C	0,8B	1,7A	1,6B	2,4A	0,9B	0D
BRS5601	RR	3,6C	1,3C	0,7B	0C	1,7B	1,1B	0,8B	2,1A
CZ15B92	IPRO	2,8D	2,8B	1,1B	0C	2A	0,5B	2,7A	0D
CZ16B39	LL	3,6C	2,2B	2,1 <sup>a</sup>	0,9B	2,5A	2,1A	1,1B	1,8A
Syn1561	IPRO	4,1B	2,4B	1,9 <sup>a</sup>	0C	1,1B	0,6B	2,2A	0,7C
Coeficiente de Variação		23,1	22,8	21,4	31,5	20,7	26,4	23,4	25,1

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

Quanto mais próximo à colheita, a população normalmente, decresce e os percevejos iniciam a dispersão para as plantas hospedeiras (CORRÊA-FERREIRA, 2009; KRZYZANOWSKI, 2009; MINAMI, 2009). Em relação a densidade populacional, de maneira geral, no estágio fenológico V3 houve o pico populacional de insetos em todas as cultivares.

Na tabela 2, notou-se que o coeficiente de variação reduziu nos estádios de desenvolvimento vegetativo, em V3 foi encontrado 23,1% e em V8 21,4% de variação. Já nos estádios reprodutivos (R2 a R7) houve uma oscilação conforme o desenvolvimento das plantas. Em geral, a presença de percevejos na cultura está diretamente relacionada à presença das vagens nas plantas, entretanto, hoje é comum a ocorrência de populações de percevejos no período vegetativo da cultura da soja (CORRÊA-FERREIRA, 2005).

## 2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho, pode-se concluir que houve variação populacional de percevejo-marrom e percevejo barriga-verde em função da cultivar de soja e de seu estágio de desenvolvimento. O *Euschistus heros* apresentou maior densidade populacional conforme o desenvolvimento das plantas, chegando no seu pico populacional em R7, enquanto que *Dichelops furcatus* apresentou menor densidade populacional conforme o desenvolvimento das plantas, seu pico populacional foi em V3. Isso ocorre devido a preferência alimentar de cada espécie.

## REFERÊNCIAS

- AITA, V. **Manejo de lagartas e percevejos da soja com controle localizado**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2013.
- BELORTE, L. C. et al. Danos causados por percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) em cinco cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1971) no município de Araçatuba, SP. **Ar. Inst. Biol.**, v.70, n.2, p. 169-175, 2003.
- BRIDI, M. **Danos de percevejos pentatomídeos (Heteroptera: Pentatomidae) nas culturas da soja e do milho na região centro-sul do Paraná**. Guarapuava, 2012.
- CARVALHO, L. C.; FERREIRA, F. M.; BUENO, N. M. Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta falsa-medideira na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, vol. 8, n. 15, p. 1021, 2012.
- CAZAROTTO, R. S. A influência da taxa de câmbio no preço e nas exportações de soja no Rio Grande do Sul no período de 2013 a 2018. UNIJUI, Ijuí, RS, 2019.
- CORRÊA-FERREIRA, B. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.11, p.1067-1072, 2005.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MINAMI, C. A. Percevejos e a qualidade da semente de soja – série sementes. Circular técnica, **Embrapa**, Londrina PR, 2009.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, vol. 7, n. 12, p. 1, 2011.

GUIMARÃES, H. O. Dinâmica populacional e distribuição espacial de percevejos fitófagos em cultivos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Universidade Federal de Goiás, 2014.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina, **Embrapa Soja**, 2014.

MCPHERSON, J. E. Invasive Stink Bugs and Related Species (Pentatomoidea). 1 ed., 2018.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. 2012.

## VARIABILIDADE DA BIOMASSA DO NABO FORRAGEIRO E SEU IMPACTO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA

### *Fore turnip biomass variability and its impact on soy productivity*

Diandra Pinto Della Flora<sup>1</sup>, Antônio Luís Santi<sup>2</sup>, Schayana Pavelski<sup>2</sup>, Osmar Henrique de Castro Pias<sup>3</sup>, Felipe Cardoso Serpa<sup>1</sup>, Luis Felipe Gerlach<sup>2</sup>, Ezequiel Z. Fornari<sup>2</sup>, Lúcio de Paula Amaral<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12 - Unidade II, 79804-970-Dourados – MS, Brasil, [diandradellaflora@gmail.com](mailto:diandradellaflora@gmail.com); [felipe.c.serpa@gmail.com](mailto:felipe.c.serpa@gmail.com); [lfelipeross@hotmail.com](mailto:lfelipeross@hotmail.com); [ezequiel.fornari@yahoo.com](mailto:ezequiel.fornari@yahoo.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, R. Sete de Setembro, s/n, 98400-000, Frederico Westphalen- RS, Brasil, [santi\\_pratica@yahoo.com](mailto:santi_pratica@yahoo.com); [schayanap@gmail.com](mailto:schayanap@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS-527, s/n, Júlio de Castilhos, RS, Brasil, [henriquepias@yahoo.com.br](mailto:henriquepias@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000 - Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com)

### RESUMO

O trabalho objetivou analisar a relação da variabilidade espacial da produção de biomassa da cultura do nabo forrageiro com a produtividade da cultura da soja em sucessão. O estudo foi conduzido em uma área localizada no município de Boa Vista das Missões – RS, de 38 ha. As coletas dos dados foram realizadas utilizando uma malha amostral regular de 0,5 ha, totalizando 76 pontos. As variáveis analisadas foram: biomassa ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da cultura do nabo forrageiro, e produtividade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da cultura da soja. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva, obtendo-se medidas de posição e de dispersão. A hipótese de normalidade foi testada pelo teste W ( $p < 0,05$ ). A análise geoestatística foi realizada por meio de semivariogramas experimentais, sendo os ajustes realizados a partir da seleção de modelos teóricos. As correlações entre os dados de biomassa do nabo forrageiro com a produtividade da cultura da soja foram verificadas através da correlação simples de Pearson ( $p < 0,05$ ). A variabilidade da cultura de cobertura de inverno do nabo forrageiro não influenciou o rendimento da cultura da soja no período estudado.

**Palavras chave:** Planta de cobertura. Geoestatística. Agricultura de Precisão.

## ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the relationship between the biomass yield variability of the turnip crop and the soybean crop yield in succession. The study was conducted in a property located in Boa Vista das Missões- RS, in experimental area containing 38 ha. Data were collected using a regular georeferenced mesh of 0.5 ha, totaling 76 sampling points. The variables analyzed were: forage turnip biomass ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) and soybean crop yield ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ). The data obtained were submitted to descriptive statistical analysis, obtaining position and dispersion measurements. The hypothesis of normality was tested by the *W* test ( $p < 0.05$ ). Geostatistical analysis was performed using experimental semivariograms, and adjustments were made through theoretical models. The correlations between forage turnip biomass data and soybean crop yield were verified by simple Pearson correlation ( $p < 0.05$ ). The winter cover crop variability of forage turnip did not influence soybean crop yield in the studied period.

**Key words:** Coverage plant. Geostatistics. Precision agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

O constante crescimento da demanda de alimentos no mundo culminou no aumento e na intensidade do uso das terras. Contudo, para manejar um sistema agrícola de modo que seja economicamente viável, socialmente justo e que simultaneamente promova o mínimo de perturbações ambientais, é essencial o uso de ferramentas e técnicas de manejo adequadas a cada sistema de produção. De acordo com Amado et al. (2007), uma das mais eficientes estratégias adotadas visando a melhoria da qualidade e do potencial produtivo do solo foi o Sistema Plantio Direto (SPD), entretanto, esta melhoria não se manifesta de forma homogênea em toda área. Nesse sentido, a Agricultura de Precisão (AP) atua no manejo da lavoura respeitando a variabilidade espacial existente, levando em consideração os fatores que determinam o desempenho das culturas (SCHWALBERT et al., 2016).

A variabilidade produtiva de biomassa das espécies forrageiras influencia na disponibilidade de nutrientes e estimula a atividade biológica (WOLSCHICK et al., 2016). No entanto, a quantidade e qualidade da biomassa pode alterar as propriedades do solo (VANELLI, 2016) tanto pela adição de nutrientes, quanto pelo estímulo ao desenvolvimento da sua microbiota. A biomassa também possui características termorreguladoras do solo, onde consegue diminuir a variação térmica e a evaporação da água amenizando o estresse das plantas em época de déficit hídrico (PIRES et al., 2008). Assim, o uso de práticas para conservação do solo está aliado à manutenção da cobertura eficiente do mesmo por plantas de cobertura, que protegem o solo e agregam matéria orgânica, melhorando sua estrutura física (RAMOS, 2018).

Dentre as culturas mais utilizadas no sistema de rotação, encontra-se o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L), comumente utilizado como adubação verde de inverno. Essa cultura tem por características crescimento inicial rápido e alta capacidade de ciclar nutrientes como nitrogênio e fósforo (BUENO e RODRIGUES, 2019), além de promover melhorias da qualidade física do solo (LOPES, 2017) por seu sistema radicular agressivo e proporcionar incremento em superfície de

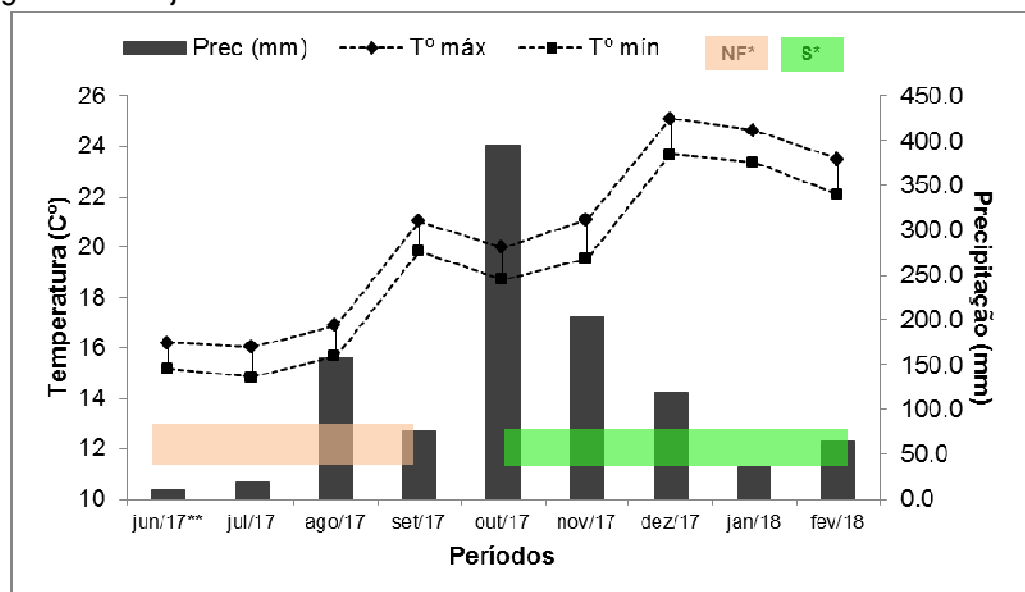
aproximadamente 23 kg ha<sup>-1</sup> de N, 8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 43 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 29 kg ha<sup>-1</sup> de CaO e 6 kg ha<sup>-1</sup> de MgO (COSTA, 1992). A cultura possui uma produtividade média de biomassa de 3 Mg ha<sup>-1</sup>, no entanto em estágio de floração essa estimativa pode variar de 2 a 6 Mg ha<sup>-1</sup> (BONJORNIO et al., 2010), o que faz com que a manutenção da palhada para decomposição seja uma variável importante para a ciclagem de nutrientes e o conhecimento de sua dinâmica sobre o solo (PITTELKOW, 2010), podendo influenciar diretamente a cultura posterior. Assim, a quantificação e distribuição espacial da biomassa produzida é um ponto fundamental no manejo preciso das lavouras.

Dessa forma, a hipótese testada neste trabalho é de que a determinação da variabilidade espacial da biomassa do nabo forrageiro, utilizado como planta de cobertura de outono/inverno, influencia a produtividade da cultura da soja. O presente trabalho tem como objetivo verificar a influencia da variabilidade de biomassa do nabo forrageiro sobre a produtividade da soja em sucessão.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na safra 2017/18, no município de Boa Vista das Missões – RS. O clima da região é subtropical de primavera úmida (ST PU) com temperatura média anual de 18,1 °C e precipitação pluviométrica anual de 1.919 mm ano<sup>-1</sup> (MALUF, 2000). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS et al., 2013), com textura argilosa (> 60%), o relevo predominante da região é suave ondulado. Os dados de temperaturas do ar máxima e mínima, e de precipitação, no período de cultivo das culturas do nabo e da soja, são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Temperatura do ar máxima e mínima, e precipitação pluviométrica no período de cultivo do nabo forrageiro e da soja.



\*\*Dados correspondem de 15 a 30 de junho; NF: nabo forrageiro; S: soja.

Com auxílio de um receptor GPS, marca Garmin, modelo etrex 10, foi realizada a vetorização da área experimental com a demarcação dos perímetros, sendo definida a malha de amostragem georreferenciada através da grade amostral de 0,5 ha (70,71m x 70,71 m), gerada através do programa computacional Sistema CR-Campeiro 7 (GIOTTO e ROBAINA, 2007), totalizando 76 pontos amostrais (Figura 2).

Figura 2 – Detalhe da malha de amostragem georreferenciada através da grade amostral de 0,5 ha da área experimental.



Fonte: Google Earth, 2018.

A área é manejada sob SPD há mais de 20 anos. O histórico de cultivos e do manejo de correções de adubações na área estudada é apresentado na Tabela 1. A área experimental possui 38 ha, semeada em junho de 2017 com nabo forrageiro IPR 116 (*Raphanus sativus* L.), com densidade de semeadura de 18 kg ha<sup>-1</sup>. Durante o desenvolvimento da cultura foram coletados os dados de biomassa nos 76 pontos amostrais. A área foi dessecada quando a cultura atingiu o pleno florescimento.

Para a determinação da variabilidade espacial de biomassa na área estudada, foram realizadas coletas semanais nos pontos amostrais, a partir de 52 dias após a semeadura (DAS), sendo realizadas cinco coletas (C1, C2, C3, C4 e C5) até a cultura atingir o pleno florescimento. O material foi coletado manualmente com o auxílio de um quadro amostral de área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>), e posteriormente encaminhado para secagem em estufa à temperatura aproximada de 60°C, até atingir peso constante. Com o uso de uma balança de precisão foi determinada a biomassa seca (Mg ha<sup>-1</sup>).

Tabela 1 - Histórico de culturas e de aplicação de fertilizantes e corretivos na área experimental.

Ano agrícola	Safr	Cultura	Correção/Adubação		
			Fonte	Quantidade (kg ha <sup>-1</sup> )	Modo de aplicação
2014/15	Inverno	Aveia Preta	SS 01-18-00	300	Linha
	Verão	Soja	NPK 11-52-00	150	Linha
			NPK 00-00-60	200	Laço
Aveia branca +					
2015/16	Inverno	Nabo	SS 01-18-00	200	Linha
	Verão	Milho	NPK 18-46-00	180	Linha
			NPK 00-00-60	200	Laço
			NPK 45-00-00	430	Laço
2016/17	Inverno	Aveia Ucraniana	NPK 01-20-00	170	Linha
	Verão	Soja	NPK 07-40-00	180	Linha
			NPK 00-00-60	430	Laço
2017/18	Inverno	Nabo	Sem adubação	SA*	SA*
	Verão	Soja	NPK 05-26-05	215	Linha
			NPK 00-00-60	150	Laço

\*Sem Adubação

A cultura da soja foi semeada em outubro de 2017. A produtividade foi determinada através de mapa de produtividade obtido a partir de uma colhedora marca CASE® modelo Axial-Flow 2399, contendo o sistema de mapeamento da produtividade AFS® (*Advanced Farming System*), composto de um sensor instantâneo de grãos do tipo placa de impacto, instalado ao final do elevador de grãos limpos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística exploratória (estatística descritiva), obtendo-se medidas de posição (mínimo, média e máximo) e de dispersão (desvio padrão, coeficientes de variação (CV%), assimetria e de curtose). Com base nos valores de assimetria (Cs) obtidos, visando caracterizar quanto e como a distribuição de frequências se afasta da simetria, foram classificados como: Cs = 0 distribuição simétrica, Cs > 0 distribuição assimétrica à direita e Cs < 0 distribuição assimétrica à esquerda. Os valores de curtose (Ck), que expressam a dispersão (achatamento) da distribuição em relação a um padrão, geralmente utilizada a curva normal, foram classificados em: Ck = 0 distribuição mesocúrtica, Ck < 0 distribuição platicúrtica e Ck > 0 distribuição leptocúrtica. As análises estatísticas descritivas foram realizadas utilizando o programa computacional *Statistical Analysis System* – SAS 8.0 (SAS Inc, Cary, USA).

A dispersão relativa dos dados, fornecida pelos valores de coeficiente de variação (CV%), foram classificadas como baixa quando CV for inferior a 10% (alta precisão), média quando o CV estiver entre 10% e 20% (boa precisão), alta de 20% a 30% (baixa precisão) e muito alta com CV maior que 30% (baixíssima precisão) (PIMENTEL-GOMES E GARCIA, 2002). A hipótese de normalidade foi testada pelo teste W (p < 0,05) (SHAPIRO e WILK, 1965) realizado no software



Sigma Plot®, sendo considerados como distribuição normal os dados que obtiveram p-valor > 0,05.

A análise geoestatística foi realizada por meio do ajuste de semivariogramas experimentais (VIEIRA, 2000), testando os modelos teóricos esférico, exponencial, gaussiano e linear. Foi utilizado o programa computacional Gamma Design Software – GS+® (ROBERTSON, 1998). O ajuste dos modelos foi realizado com base no maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e menor soma dos quadrados dos resíduos obtido a partir da técnica de validação cruzada. Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita (C0), contribuição (C1), patamar (C0+C1) e alcance (a). O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado por meio da equação:  $IDE = [C0 / (C0 + C1)] * 100$ . Com base nos IDE, classificou-se o grau de dependência espacial (GDE) como: forte, para IDE  $\leq 25\%$ ; moderado, para IDE entre 25 e 75%; e fraco, para IDE  $> 75\%$  (CAMBARDELLA et al., 1994).

As correlações entre os dados de biomassa do nabo forrageiro com a produtividade da cultura da soja foram verificadas através da correlação simples de Pearson ( $p < 0,05$ ), por meio do programa computacional Statistical Analysis System – SAS 8.0 (SAS Inc, Cary, USA).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da estatística descritiva das coletas de biomassa do nabo forrageiro, e da produtividade da soja, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva da biomassa do nabo forrageiro mensuradas em cinco épocas ao longo do cultivo, e da produtividade da soja.

Coletas (DAS)	Mínimo	Média	Máximo	DP <sup>1</sup>	CV% <sup>2</sup>	Cs <sup>3</sup>	Ck <sup>4</sup>	W <sup>5</sup>
<b>Biomassa do nabo forrageiro (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>								
52	0,10	0,33	0,70	0,13	39,27	0,71	0,17	0,96*
60	0,11	0,42	0,90	0,18	43,67	0,59	-0,24	0,96*
67	0,28	0,96	3,25	0,39	40,68	2,78	14,27	0,80*
76	0,45	1,26	2,66	0,45	35,57	0,53	0,27	0,96*
81	0,74	1,60	3,40	0,54	33,86	0,78	0,82	0,96*
<b>Produtividade da soja (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>								
	3,16	3,92	4,38	0,31	7,80	-0,42	-0,55	0,96*

(<sup>1</sup>) DP: Desvio padrão; (<sup>2</sup>) CV%: Coeficiente de variação; (<sup>3</sup>) Cs: Coeficiente de assimetria; (<sup>4</sup>) Ck: Coeficiente de curtose; (<sup>5</sup>) W: Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde (\*) significativo em níveis de  $p < 0,05$  e (ns) não significativo. Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Para a biomassa do nabo forrageiro, a terceira coleta realizada apresentou a maior variação, sendo de 0,28 a 3,25 Mg ha<sup>-1</sup>, com produção média de 0,96 Mg ha<sup>-1</sup>. De modo geral, é

possível verificar que conforme a cultura avança seu desenvolvimento, a produção média de biomassa tende a aumentar. Entretanto, esse incremento não ocorre de maneira uniforme na área, o que contribui para o aumento de variação produtiva da mesma.

Em estudos realizados com a cultura do nabo forrageiro, os valores de produção de biomassa são extremamente variáveis, como produções de 0,4 a 3,0 Mg ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1995; FURLANI, 2000; CALEGARI, 2001; DERPSCH e CALEGARI, 1992). De acordo com Berlatto et al. (2005), a variabilidade temporal verificada na produção das culturas pode ser fortemente influenciada pela instabilidade climática. No presente estudo, a cultura do nabo forrageiro foi submetida a um período de 18 dias de estiagem (Figura 1) logo após sua semeadura, o que pode ser sido o fator principal da baixa produção biomassa ao longo do ciclo, uma vez que o nabo é considerado uma cultura exigente em umidade do solo durante sua implantação e desenvolvimento inicial (OLIVEIRA, 2009).

As coletas de biomassa da cultura do nabo forrageiro apresentaram estrutura espacial bem definida, sendo classificada de moderada (IDE 25-75%), para a quinta coleta, a forte (IDE < 25%), até a quarta coleta (Tabela 3). Os modelos teóricos que possibilitaram os melhores ajustes dos semivariogramas (Figura 3) foi exponencial (C1, C2 e C4), e esférico (C3 e C5), com coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) entre 0,38 e 0,85. A produtividade da soja apresentou dependência espacial classificada como moderada, e o modelo teórico que possibilitou os melhores ajustes dos semivariogramas foi esférico com coeficiente de determinação alto (0,997).

Tabela 3 - Parâmetros geoestatísticos de biomassa do nabo forrageiro mensuradas em cinco coletas ao longo do cultivo, e da produtividade da soja.

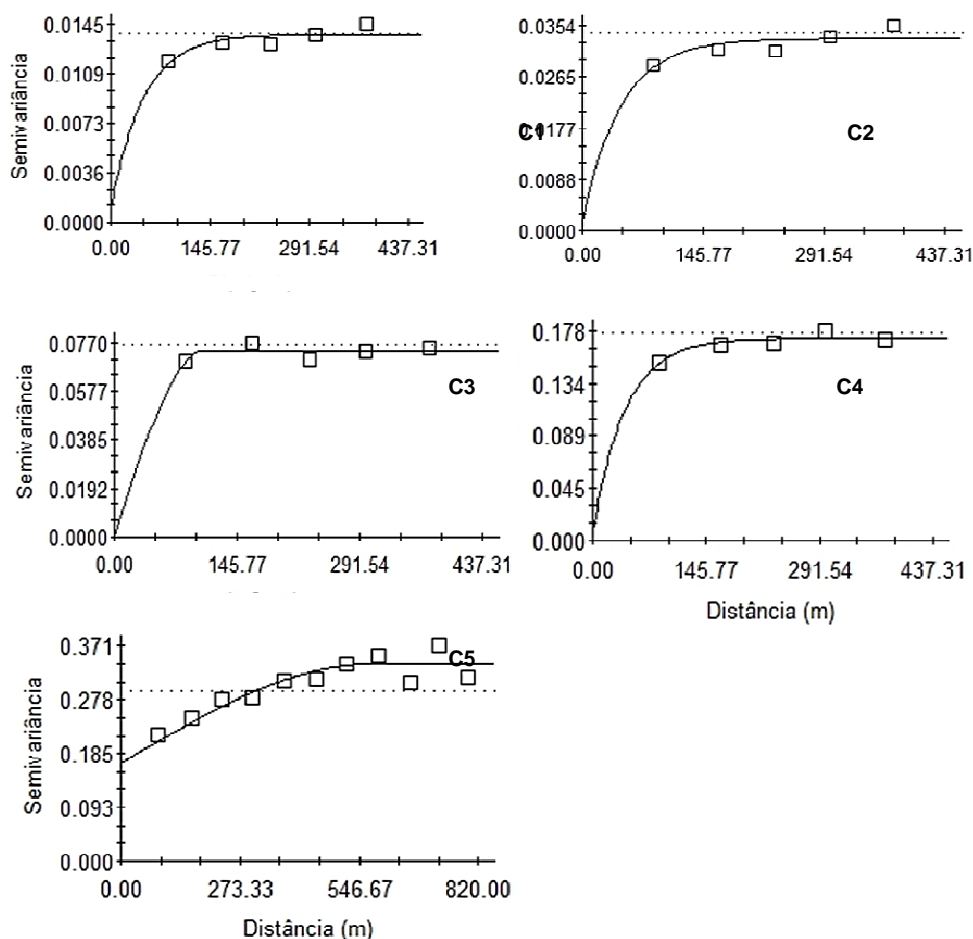
Coleta (DAS)	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	a	Modelo	r <sup>2</sup>	Dependência Espacial <sup>(1)</sup>	
							IDE	GDE
<b>Biomassa do nabo forrageiro (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>								
<b>52</b>	0,00095	0,0138	0,01285	141,90	Exponencial	0,77	6,88	Forte
<b>60</b>	0,0015	0,0332	0,0317	130,50	Exponencial	0,61	4,52	Forte
<b>67</b>	0,0001	0,0739	0,0738	107,00	Esférico	0,38	0,14	Forte
<b>76</b>	0,0069	0,1718	0,1649	125,70	Exponencial	0,84	4,02	Forte
<b>81</b>	0,1693	0,3396	0,1703	573,00	Esférico	0,85	49,85	Moderado
<b>Produtividade da soja (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>								
	0,0284	0,1088	0,0804	211,70	Esférico	0,997	26,11	Moderado

C<sub>0</sub> - Efeito Pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub> - Patamar; C<sub>1</sub> - Contribuição; a – Alcance (m); r<sup>2</sup> – Coeficiente de Determinação; <sup>(1)</sup>IDE – Índice de dependência espacial; GDE – Grau de dependência espacial.

Os valores de alcance para biomassa (Tabela 3) variaram de 107,0 m (C3) a 573,0 m (C5). Isso pode ser justificado por se tratar, o momento da coleta (pleno florescimento), de uma estabilização na produção de biomassa pela cultura. O menor alcance obtido para biomassa (107 m) foi aos 67 DAS, quando a cultura apresenta crescimento exponencial e, segundo Hernani et al.

(1995), promove a cobertura de mais de 70% do solo.

Figura 3 - Ajuste de Semivariogramas de biomassa do nabo forrageiro em cinco coletas ao longo do cultivo.



Trabalhos publicados por Kerry e Oliver (2003; 2004) sugerem que seja possível utilizar metade do valor do alcance como maneira de definir a distância máxima entre amostras. Porém, segundo Cherubin (2013), este é um critério que deve ser aplicado com cautela, visto que os valores de alcance obtidos para determinado atributo são muito variáveis entre áreas, além de que condições como tamanho de área e valor do alcance resulte em poucos pontos amostrais, caso este parâmetro seja aplicado, comprometendo a acurácia e a confiabilidade das informações geradas.

A produtividade da soja não apresentou correlação com as coletas de biomassa (Tabela 4), apresentando coeficientes negativos para quase todas as coletas, ou seja, conforme a produção de biomassa do nabo forrageiro aumenta, a produtividade da soja tendeu a sofrer uma redução, porém não significativa. Gazola e Cavariani (2011), relataram que a produtividade da soja não foi influenciada pelas culturas de inverno utilizadas como cobertura (aveia branca, nabo forrageiro, cevada, trigo e ervilhaca) em sucessão. Nicoloso et al. (2008) e Debiasi et al. (2010) também verificaram não haver influências das plantas de cobertura do solo sobre a produtividade da soja

em sucessão. Porém em estudo realizado por Damian et al. (2017), quando em rotação de culturas, foi constatado que a variabilidade de biomassa da aveia preta, utilizada como cobertura de inverno, influenciou o rendimento da cultura da soja.

Tabela 4 - Matriz de correlação de Pearson a 5% de probabilidade de erro ( $p < 0,05$ ) entre os mapas de produção de biomassa do nabo forrageiro, e produtividade da soja.

	MSC1	MSC2	MSC3	MSC4	MSC5	PROD
MSC1	-					
MSC2	0,35*	-				
MSC3	0,26	0,20	-			
MSC4	0,30*	0,32*	0,26	-		
MSC5	0,52*	0,33*	0,39*	0,39*	-	
PROD	0,07	-0,04	-0,22	-0,05	-0,16	-

(\*) Correlação linear de Pearson significativa ( $p < 0,05$ ). Mapas de produção de massa seca do nabo forrageiro da primeira à quinta coleta (MSC1 – MSC5); mapa de produtividade da soja (PROD).

Essa contradição em respostas positivas, quando em rotação de culturas, e respostas nulas, quando a soja é cultivada em sucessão (efeito imediato), justificam novos estudos incluindo avaliações de médio e longo prazo da produção de biomassa e produtividade das culturas, pois a relação das coberturas com a produtividade dos cultivos, em geral, requerem um tempo maior para de fato promoverem melhorias quanti e qualitativas nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e, por sua vez, influenciar no desenvolvimento e na produtividade das plantas.

De acordo com Sanchez (2012), culturas sucessoras às plantas de cobertura são beneficiadas pelo aumento de matéria orgânica, além de poderem atuar como forma de escarificação biológica do solo (NICOLOSO et al., 2008), proporcionando melhores condições para o desenvolvimento das culturas sucessoras. A cultura do nabo forrageiro apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (CALEGARI, 2001; AITA e GIACOMINI, 2003; GIACOMINI et al., 2003) podendo, segundo Costa (1992), colocar na superfície cerca de 23 kg ha<sup>-1</sup> de N, 8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 43 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 29 kg ha<sup>-1</sup> de CaO e 6 kg ha<sup>-1</sup> de MgO. De acordo com Pitol e Salton (1993), essa cultura promove aumento na porosidade do solo, favorecendo características físicas como infiltração de água, e biológicas como o desenvolvimento de microrganismos.

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições estudadas, a variabilidade de biomassa da cultura do nabo forrageiro não influenciou a produtividade da soja.

#### REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMONI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,

v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L.  
Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto.  
**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, 2007.

BERLATO, M.A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Nino Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.423-432, 2005.

BONJORNO, I.I.; MARTINS, L. A. O.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H. v. H.; WILDNER, L. P.; PARIZOTTO, C.; FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; ALTIERI, M. A.; LOVATO, P. E. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, RS, v.5, n.2,p.99-108, 2010

BUENO, J.B; RODRIGUES, G. A. Palha sobre o solo no crescimento da cultura do nabo forrageiro em área degradada. **Revista Interface Tecnológica**, v.16, n. 1, p.370-377, Taquaritinga, 2019

CALEGARI, A. Sustentabilidade sim. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: UFMS/Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 23-28. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65713/1/DOC31.pdf> Acesso em: 02 dezembro 2018.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CHERUBIN, M. R. **Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização de atributos químicos em Latossolos manejados com Agricultura de Precisão**. 2013. 101 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2013.

COSTA, M.B.B. da (coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS- PTA, 1992. 346p.

DAMIAN, J. M.; SANTI, A. L.; FORNARI, M.; DA ROS, C. O.; ESCHNER, V. L. Monitoring variability in cash-crop yield caused by previous cultivation of a cover crop under a no-tillage system. **Computers and electronics in agriculture**, v. 142, p. 607-621, 2017.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.6, p. 603-612, 2010.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 78 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Nabo forrageiro**.

Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. Folder.

FURLANI, C. E. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GAZOLA, E.; CAVARIANI, C. Desempenho de cultivares transgênicas de soja em sucessão a culturas de inverno em semeadura direta. **Biosci J.**, v.27, n.5, p.748- 763, 2011.

GIACOMONI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003

GIOTTO, E.; ROBAINA, A.D. **A agricultura de precisão com o CR Campeiro 7. Manual do usuário**. Santa Maria: UFSM/Centro de Ciências Rurais/Departamento de Engenharia Rural/Laboratório de Geomática, 2007, 319 p.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 93p. (EMBRAPA - CPAO. Documentos, 4).

KERRY, R.; OLIVER, M. A. Average variograms to guide soil sampling for land management. **The International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.5, p.307-325, 2004.

KERRY, R.; OLIVER, M. A. Variograms of ancillary data to aid sampling for soil surveys. **Precision Agriculture**, v.4, p.261-278, 2003.

LOPES, E. L. **Efeito da compactação do solo no desenvolvimento de nabo forrageiro e sua ação como descompactador biológico**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2017.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; SCHENEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1723-1734, 2008.

OLIVEIRA, A. S. Características agronômicas e qualidade de sementes de nabo forrageiro em função da densidade de semeadura e do espaçamento. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavra, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos**

**e florestais.** Piracicaba FEALQ : 309, 2002.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L. de; PROCOPIO, S. de O.; SILVA, G. P.; MORAES, L.L.; RUDOVALHO, M.C.; BOER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras a cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres** v.55, n.2 Viçosa, 2008.

PITOL, C.; SALTON, J.C. **Nabo forrageiro: opção para cobertura de solo.** Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1993. 4p.

PITTELKOW, F. K. **Biomassa, rendimento de grãos e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura.** Cuiaba, 2010. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Universidade Federal de Mato Grosso Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

RAMOS, R. C. **Atributos físicos do solo cultivado com plantas de cobertura sob dois regimes hídricos,** 2018. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) Universidade Federal do Espírito Santo, Centro universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, 2018

ROBERTSON, G. P. **GS+**: geostatistics for the environmental sciences. Versão 5.03. Beta, Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** Guarapuava, 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Centro-Oeste.

SANTI, A. L. et al. Manejo de precisão: Planos de Manejo Inteligentes e estratégias multi-plantas. In: SANTI, A. L.; GIOTTO, E.; SEBEM, E.; AMADO, T. J. C. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul.** 1. Ed. Santa Maria : CESPOL, 2016. p. 233 – 249.

SANTOS, H. G. et al. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHWALBERT, R. A.; CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C. Definição de zonas de manejo utilizando “multi-layers” e sensoriamento “on-the-go”: Definições e usos. In: SANTI, A. L.; GIOTTO, E.; SEBEM, E.; AMADO, T. J. C. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul.** 1. Ed. Santa Maria : CESPOL, 2016. p. 233 – 249.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

VANELLI, J. **Avaliação microbiológica de solo no cultivo de soja e milho em sucessão a adubos verdes de inverno,** Marechal Cândido Rondon, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, 352p. p. 1-54.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOLI, I.; SANTOS, K. F. Dos; WERNER, R. De S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n°.2, p .134-143, Lages, 2016.



## VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM ÁREAS COM DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS

### *Spatial variation of soil mechanical resistance to penetration in areas with different agri-cultural uses*

Dieferson Frandaloso<sup>1</sup>, David Peres da Rosa<sup>1</sup>, Gustavo T. Zotti<sup>1</sup>, Idroilson V. de Oliveira<sup>1</sup>, Luciano Kaiser<sup>1</sup>, Tamara Heck<sup>1</sup> e Virginia Tereza Vieira Müller<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus Sertão, Rodovia RS 135, Km 25, Distrito Eng. Luiz Englert, CEP: 99170-000, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [diefersonfrandaloso@gmail.com](mailto:diefersonfrandaloso@gmail.com)

### RESUMO

As modificações estruturais causadas no solo pelos diferentes sistemas de manejo podem resultar em diferentes níveis de compactação. Constantes práticas agrícolas como colheita mecanizada e tráfego de veículos pesados empregados nas áreas de cultivo podem modificar as propriedades físicas e a dinâmicas do solo. O presente trabalho teve como objetivo verificar a resistência do solo à penetração em áreas de plantio direto com diferentes usos antecedentes, sendo elas área de pastejo, silagem e soja. O experimento foi conduzido no ano de 2019, em áreas do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus Sertão, no município de Sertão, RS. Foram avaliados nas 3 áreas, a resistência à penetração nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. A área de silagem e pastagem apresentaram as maiores resistências na profundidade de 10-20 cm, entretanto a área com cultivo de soja a maior resistência à penetração foi na profundidade de 20-30 cm. Em se tratando de área/uso agrícola o talhão de silagem, em relação aos demais apresentou a maior resistência em todas as profundidades analisadas.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão. Plantio direto. Resistência a penetração.

### ABSTRACT

Structural changes caused by different management systems in the soil may result in different compaction levels. Constant agricultural practices such as mechanized harvesting and heavy vehicle traffic employed in cultivated areas can modify the physical properties and dynamics of the soil. The present work aimed to verify the soil resistance to penetration in no-tillage areas with different antecedent uses, such as grazing area, silage and soybean. The experiment was conducted in 2019, in areas of the Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus Sertão, in the municipality of Sertão, RS. Penetration resistance at depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm were evaluated in the 3 areas. The area of silage and pasture presented the highest resistance at the depth of 10-20 cm, however the area with soybean cultivation the highest resistance to penetration was at the depth of 20-30 cm. Regarding the area / agricultural use, the silage field, in relation to the others, presented the highest resistance at all depths analyzed.

**Keywords:** Precision agriculture. No tillage. Resistance to penetration.

## 1 INTRODUÇÃO

O termo compactação do solo é o processo de decréscimo de volume de solo não saturados quando determinada pressão externa é aplicada sobre ele. Problemas relacionados a esta surgiram a muito tempo, e vem se intensificando por diversos fatores, destacando-se: operações do preparo do solo, tráfego de máquinas agrícola e de animais em condições de elevada umidade (RICHART et al., 2005).

A variabilidade espacial da compactação ocorre em todos os usos do solo, agrícola, pecuária ou silvicultura, pois é difícil um controle rigoroso do tráfego de máquinas e animais nas áreas (REICHERT et al., 2007), nesse sentido, o grau de compactação provocado pelo pisoteio bovino é influenciado pela umidade do solo, textura do solo, sistema de pastejo, altura de manejo da pastagem (CASSOL, 2003). Bem como, a quantidade de resíduo vegetal sobre o solo (SÁ & SANTOS JÚNIOR, 2005), esta, contribuiu para variação espacial da compactação na área.

Um parâmetro importante para identificação da compactação do solo é a resistência mecânica do solo à penetração, o qual se relaciona com a resistência que o sistema radicular irá enfrentar para seu desenvolvimento (SOUZA, 2007).

O objetivo do trabalho é comparar o efeito do uso do solo via produção de grão e animal na variação da resistência a penetração (RP) de um Nitossolo Vermelho sob sistema plantio direto.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área de produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Sertão (S28°03', W52°14', a 670 m de altitude). O solo da área é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), o clima Cfa (Köppen), com chuvas bem distribuídas e temperatura média anual de 18,3°C.

Foram selecionados três diferentes talhões para mensuração da RP, ambos com sistema de plantio direto consolidado, porém com diferentes usos agrícolas na safra anterior: talhão com pastagem anual (Área A), milho destinado para silagem (Área B), e soja (Área C). Em cada talhão, selecionou-se uma área de 1 hectare através do Google Earth, sendo posteriormente criado um grid, com uma malha amostral de 33 pontos na área A, 31 pontos na área B, e 34 pontos na área C.

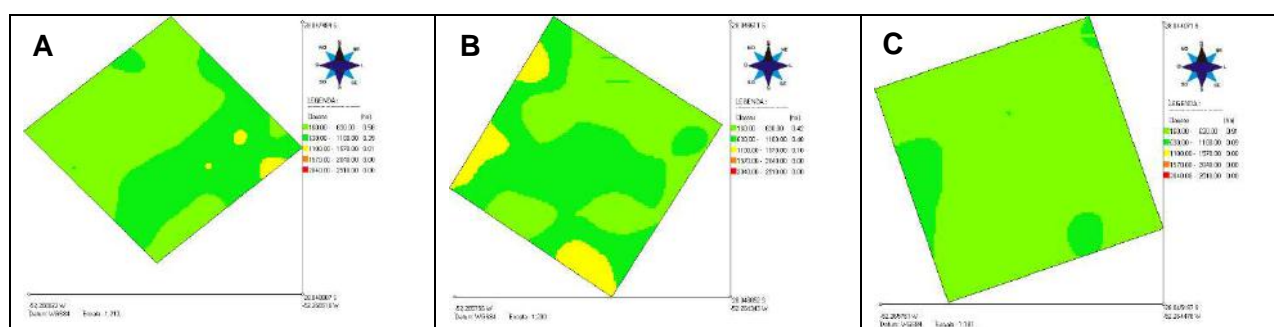
Para localizar os pontos do gride, empregou-se um GNSS Portátil Garmin Etrex20. O teste de resistência à penetração foi realizado no mês de maio, com o auxílio de um penetrômetro eletrônico marca Falker®, modelo penetrológ. No mesmo dia desta coleta realizou-se a amostragem do solo, com o auxílio de um trado de rosca, para posterior determinação do teor de água do solo. As amostras de solo foram previamente pesadas e levadas a estufa, permanecendo a uma temperatura de 105°C até massa constante. Os dados de RP foram separados nas seguintes camadas: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, conforme avaliação previa realizada, buscando separar as camadas mais homogêneas.

A partir dos dados coletados a campo, foram definidas 5 classes de RP, sendo elas: classe 1: (160 a 630 kPa), classe 2: (630 a 1100 kPa), classe 3: (1100 a 1570 kPa), classe 4: (1570 a 2040 kPa) e classe 5: (2040 a 2510 kPa). Os dados coletados foram organizados em planilha eletrônica, processados a estatística descritiva no excel, e, os mapas e isolinhas e aplicação da geoestatística com o programa Campeiro7®. Os mapas foram gerados a partir da técnica de interpolação por krigagem.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as três áreas avaliadas a RP na camada de 0 – 5 cm (Figura 1) se enquadra nas Classe 1, Classe 2 e Classe 3. A resistência na área de pastagem variou de 160 a 1100 kPa. Na área utilizada para milho silagem, 40% da área teve RP entre 633 a 1100 kPa, enquanto na pastagem 39% da área ficou nesta faixa de RP, sendo que no uso pela soja apenas 9% apresentou esta faixa de RP, demonstrando condição física melhor na área de produção vegetal.

Figura 1 – Resistência à penetração (kPa) de 0 a 5 cm do Nitossolo Vermelho sob uso de pastagem (A), silagem (B) e produção de grãos (C).



Fonte: Autores (2019).

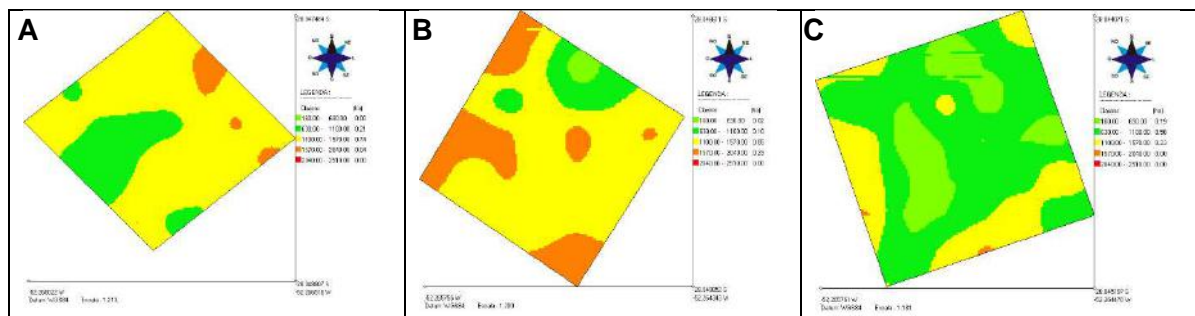
Os níveis de compactação do solo dependem de vários fatores, destacando as práticas de manejo empregadas e as características originais do solo (GOEDERT et al., 2002). Devido todas as práticas realizadas em áreas de silagem, a fim de garantir a proteção e potencial produtivo das plantas, como manejo de pragas e doenças assim como controle de plantas daninhas e aplicação de fertilizantes, faz-se necessário o intenso tráfego de máquinas agrícolas, onde haverá forte pressão sobre o solo, o que poderá afetar suas propriedades físicas (COSTA, 2011). Analisando os valores na camada de 0 a 5 cm, observa-se que não ultrapassaram 1570 kPa, o que corrobora com os dados obtidos por Genro-Junior et al. (2009) que relatam ser valor relativamente baixo, haja visto que é uma camada de maior volume de raízes e de mobilização nas operações de semeadura e adubação em linha.

Em área com pastejo animal, estudos realizados por Giroldo et al. (2014), concluiu que o caminhamento dos animais promove a compactação do solo na camada superficial. Para Vogel et al. (2016) trabalhos mostram que valores críticos de resistência a penetração (maiores de 2000 kPa) só foram obtidos na profundidade de 10-20 cm.

Na camada de 5 a 10 cm, o solo com produção de grãos apresenta a menor resistência 630 a 1570 kPa, já o solo com pastagem e pisoteio teve 74% da área variando de 1100 a 1570 kPa (Figura 2), apontando que esta prática exerce maior pressão do solo. Correlacionando essa camada com a primeira, ocorre um aumento significativo na resistência, nesta profundidade, o volume de raízes, bem como a ação de elementos sulcadores de semeadura, começa a ter menos efeito, aumentando assim os valores de resistência a penetração (GENRO-JUNIOR et al., 2009). Percebe-se na Figura 2, que os talhões A e B, apresentam maior área na classe 3 e 4, em comparação ao talhão C. Uma explicação plausível é o fato de que nestas áreas, foram

empregadas maiores pressões superficiais, pelos elementos animais e intenso tráfego de máquinas respectivamente.

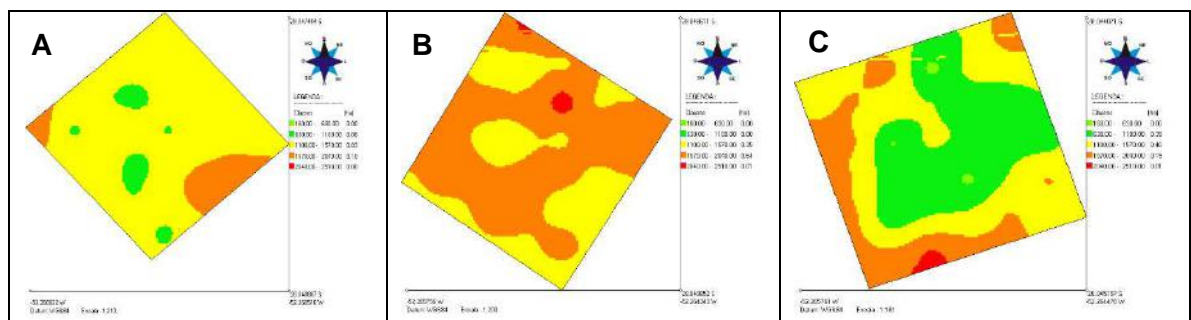
Figura 2- Resistência à penetração (kPa) na camada 5 a 10 cm do Nitossolo Vermelho sob uso de pastagem (A), silagem (B) e produção de grãos (C).



Fonte: Autores (2019).

Na área de pastagem, Gurgel et al. (2018) encontrou resistência máxima de 1970 kPa, similar a este estudo, sendo que a partir dos 10 cm de profundidade houve diminuição da resistência à penetração. Para o sistema de pastagem as camadas mais compactadas foram registradas nas profundidades até 20 cm. Conforme a Figura 3A, observa-se que na área de pastagem na camada de 10-20 cm a resistência do solo ficou 83% da área total do talhão na 3ª classe (1100 a 1570 kPa), já no solo com silagem ficou 36%, e 64% na próxima escala, 1570 a 2040kPa. Segundo Araújo et al. (2007), avaliando áreas com pastagens na região do Distrito Federal, os valores na camada de 10 a 20 cm foram de 600 kPa, e há uma diminuição nos valores com o aumento da profundidade, sendo que os menores nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, fato que discorda desse estudo, em que com o aumento da profundidade, houve aumento da RP.

Figura 3 – Resistência à penetração (KPa) de 10 - 20 cm do Nitossolo Vermelho sob uso de pastagem (A), silagem (B) e produção de grãos (C).

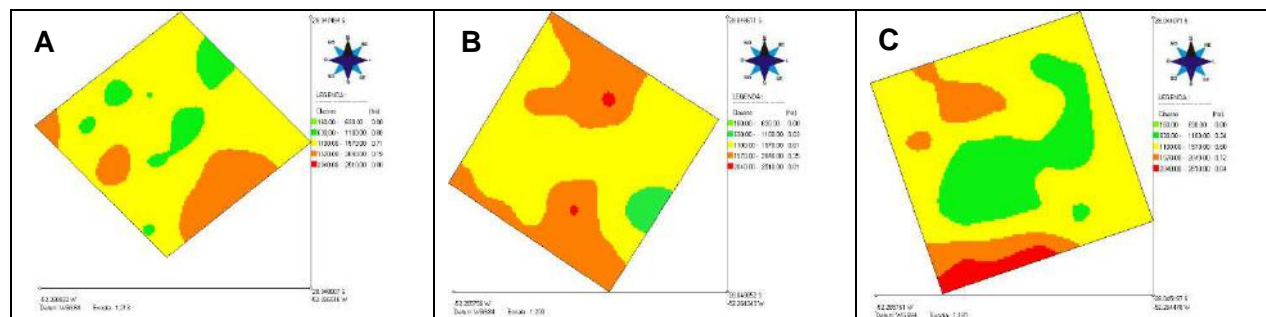


Fonte: Autores (2019).

Nessa camada de 10 – 20 cm, a resistência começa a apresentar maiores valores, contudo, não é restritiva ao desenvolvimento de plantas, que segundo Silva et al. (2000), a RP considera-se restritiva ao desenvolvimento das plantas acima de 2000 kPa. A área com produção de grãos (Figura 3C) possui um estado de compactação mais elevado, apresentando valores de resistência a penetração em alguns pontos de até 2510 kPa, fato relacionado ao acúmulo de pressões mecânicas a que o solo é submetido anualmente.

Na figura 4 (A, B e C) estão presentes os mapas da resistência na última camada, 20 a 30 cm, variando entre as classes 2, 3, 4, e 5, ou seja, a resistência aumentou ao longo do perfil. É visível que a RP com pastagem e com silagem não sofreu alterações a mais do que a camada anterior.

Figura 4 – Resistência à penetração (kPa) de 20 a 30 cm do Nitossolo Vermelho sob uso de pastagem (A), silagem (B) e produção de grãos (C).



Fonte: Autores (2019).

No solo com produção de grãos (Figura 4C), os valores de resistência a penetração encontrados variaram até 2510 kPa, porém esta classe ocorreu em apenas 4% da área total, a maior parte do talhão se enquadrou na classe 3, valores de 1100 a 1570 kPa, o que não gera problemas à planta (GOEDERT et al., 2002). Em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, com sistema de plantio direto consolidado, e com produção de grãos, Silva et al. (2000) encontraram resistência variando entorno de 2000 kPa nos 20 cm, e 2200 kPa nos 30 cm, fato que demonstra a variabilidade da área. Segundo Silva et al. (2012), cujo trabalho foi conduzido em Ponta Grossa - Paraná com sistemas de culturas em plantio direto, os maiores valores de resistência mecânica do solo à penetração foram observados no sistema trigo-soja, superando 1500 kPa na camada de 7,5 a 22,5 cm. Tais dados condizem com os resultados encontrados aqui, onde os maiores valores encontrados no talhão de plantio direto foram nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm. Para Konzen et al. (2018), as camadas situadas entre 10-15 cm são as que apresentam maior resistência em área de pastagem perene.

De acordo com a Tabela 1, é possível constatar que os menores teores de umidade estão concentrados na faixa de 10-20 cm.

Tabela 1 - Umidade do solo (%), no dia da realização do teste de resistência a penetração de solo, em cada área, em 3 diferentes profundidades.

Uso Agrícola	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Pastagem	28,87	24,11	28,68
Silagem	27,44	24,38	27,11
Produção de grãos	25,42	21,92	25,13

Fonte: Autores (2019).

Com o aumento do teor de água, decresce a atuação das forças de coesão entre as partículas do solo e o atrito interno, provocando, então, a diminuição da RP (CUNHA et al., 2002), o que foi possível observar nas áreas de pastagem e silagem, onde os menores valores de RP

estão concentrados nas camadas com maior teor de umidade.

O teste de normalidade (Tabela 2), mostra que os maiores coeficientes de variação, de maneira geral, estão presentes nas primeiras 2 camadas (0-5 e 5-10 cm).

Tabela 2 – Estatística descritiva da Resistência a Penetração (RP), nas 3 áreas (A,B,C) nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm.

Resistência à penetração	Coefficiente de variação (%)	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Grau de Dependência
Solo com pastoreio					
0-5 cm	45,49	281,26	0,91	0,25	115,44 SDE
5-10 cm	20,03	253,41	0,27	-0,83	64,28 DEM
10-20 cm	17,40	236,97	-0,52	-0,17	39,33 DEM
20-30 cm	21,08	283,55	0,24	-0,90	36,01 DEM
Produção de silagem					
0-5 cm	50,01	353,68	0,31	-0,80	66,05 DEM
5-10 cm	27,00	371,57	-0,41	0,52	71,21 DEM
10-20 cm	16,87	274,38	0,51	0,05	60,07 DEM
20-30 cm	19,96	297,73	0,34	0,68	31,05 DEM
Solo sob produção de grãos					
0-5 cm	45,62	193,93	0,92	0,43	41,05 DEM
5-10 cm	45,60	408,39	0,49	-0,96	40,40 DEM
10-20 cm	33,39	419,28	-0,07	-0,64	27,93 DEM
20-30 cm	30,07	394,19	1,06	1,64	71,28 DEM

Legenda: SDE: Sem dependência espacial; DEM: Dependência espacial média.

Fonte: Autores (2019).

Uma explicação plausível é o fato de que nestas camadas, ocorre maior movimentação de solo, causado principalmente pelas hastes sulcadoras, que são utilizadas no plantio direto (GENRO-JUNIOR et al., 2009).

Na tabela 3, estão dispostos dos parâmetros estimados dos semivariogramas. Foram testados os modelos esféricos, gaussiano e exponencial. Ajustou-se o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (OLIVER & WEBSTER, 2014).

O teste de validação cruzada dos parâmetros está apresentado na tabela 4. A validação cruzada é uma técnica que avalia os erros de estimativa, permitindo assim comparar valores previstos com os amostrados (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989).

Tabela 3 – Parâmetros estimados dos semivariogramas, nas 3 áreas (A,B,C) nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm.

Resistência à penetração	Efeito pepita	Patamar	Alcance(m)	Coefficiente de determinação (R <sup>2</sup> )
Solo com pastoreio				
0-5 cm	91321,383	79108,329	200	0,8667
5-10 cm	41280,726	64217,477	200	0,9617
10-20 cm	22085,145	56157,280	100	0,9758
20-30 cm	28953,0,37	80400,153	100	0,9684
Produção de silagem				
0-5 cm	82617,808	125087,116	200	0,8026
5-10 cm	98313,688	138064,458	200	0,9171
10-20 cm	45223,737	75284,719	200	0,9761
20-30 cm	27921,637	160226,614	100	0,9661
Solo sob produção de grãos				
0-5 cm	15438,061	37610,626	100	0,8530
5-10 cm	67377,415	166781,965	100	0,8516
10-20 cm	49101,020	175793,376	100	0,9349
20-30 cm	110754,405	155388,207	200	0,8859

Fonte: Autores (2019).

Tabela 4 – Teste de validação cruzada, nas 3 áreas (A,B,C) nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm.

Resistência à penetração	Erro médio kriging	Erro médio quadrático	Variância do erro	Variância média da krigagem	Média dos dados estimados	Média dos dados originais
Solo com pastoreio						
0-5 cm	6,05	57431,21	59246	100270,97	612,22	618,27
5-10 cm	13,28	61429,08	63293,53	52600,13	1251,82	1265,10
10-20 cm	7,65	59800,68	61669,32	41606,48	1353,94	1361,59
20-30 cm	7,79	81378,93	83941,27	57798,37	1336,82	1344,62
Produção de silagem						
0-5 cm	9,64	125454,72	129540,34	104443,75	697,60	707,25
5-10 cm	20,25	140079,03	144324,55	120976,67	1355,89	1376,14
10-20 cm	7,07	85126,62	87912,38	61316,27	1484,66	1491,74
20-30 cm	8,42	158825,39	164046,16	95030,93	1438,79	1447,22
Solo sob produção de grãos						
0-5 cm	6,69	46127,88	47479,52	27706,40	418,45	425,15
5-10 cm	22,45	194653,46	200032,33	122109,77	873,15	895,61
10-20 cm	25,34	137925,20	141442,96	113348,97	1230,30	1255,64
20-30 cm	46,72	124695,40	126225,01	135201,93	1264,40	1311,12

Fonte: Autores (2019).

## 4 CONCLUSÃO

Os diferentes usos do solo afetaram a resistência à penetração, sendo que as maiores resistências foram verificadas abaixo de 10 cm. O uso do solo pela silagem gerou a maior resistência, seguido pela pastagem e por fim uso para produção de grãos.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v.31, p. 1099-1108. 2007.

CASSOL, L. C. Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)**. Porto Alegre: UFRGS. 2003.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, p. 810-815. 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v.10, p. 1-7. 2002.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2013. 353p.

GENRO-JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, p. 65-73. 2009.

GIROLDO, L.; RODRIGUES, C. A utilização de penetrômetros para medição de resistência a penetração e avaliação do limite de crescimento radicular em áreas de pisoteio de gado. **Revista geonorte**. Manaus, v.5, p. 5-9. 2014.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. 2002. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, p. 223-227. 2002.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; MONTAGNER, D. B.; ARAUJO, A. R.; SANTANA, J. C. S.; SANTOS, A. Y. O. Resistência do solo à penetração em pasto de capim-mombaça sob efeito residual do nitrogênio pastejado por bovinos de corte. In: **9 Simpósio brasileiro de agropecuária sustentável**. Resumos... Viçosa: EMBRAPA. 2018.



ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

KONZEN, A.; BORTOLI, J.; GOMES, P.; SORDI, A.; CERICATO, A. Propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. **Unoesc & Ciência-ACET**. Joaçaba, V.9, p. 183-190. 2018.

OLIVER, M. A.; WEBSTER, R. A tuotorial guide to geostatistics: computing and modelling variograms and kriging. **Catena**, v.113, p. 56-69. 2014.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos Ci. Solo**. Natal, v.5, p. 49-134. 2007.

RICHART, A.; FILHO, J. T.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Ciências Agrárias**. Londrina, v.26, p. 321-344. 2005.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Compactação do solo: consequências para o desenvolvimento vegetal. **Planaltina: Embrapa-Cerrados**. 2005.

SILVA, V. L.; DIECKOW, J.; MELLEK, J. E.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M. Melhoria da estrutura de um latossolo por sistemas de culturas em plantio direto nos Campos Gerais do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.36, p. 983-992. 2012.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.30, p. 795-801. 2000.

SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; NETO, G. C. G.; SILVA, J. M.; SILVA, I. F. Efeito do encrostamento superficial nas propriedades hidráulicas de um solo cultivado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.2, p. 69-74. 2007.

VOGEL, G. F.; FEY, R. Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia, v.3, p. 21-26. 2016.

## EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DA PALHA DE SOJA NA EMERGÊNCIA DE AVEIA PRETA

### *Effect of distribution of soybean straw in the emergency of black oats*

Júlio Tagliari Balestrin<sup>1</sup>, Bruno Cazaroto<sup>1</sup>, Jaiane Parizotto<sup>1</sup>, Monique Montano Webber<sup>1</sup>,  
Taciane Regina dos Santos<sup>1</sup>, David Peres da Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – *Campus Sertão*, Rodovia RS 135 km 25 Distrito Eng. Luiz Englert, 99170-000, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [juliotbalestrin@gmail.com](mailto:juliotbalestrin@gmail.com), [brunocazaroto07@gmail.com](mailto:brunocazaroto07@gmail.com), [jaiane.parizotto@gmail.com](mailto:jaiane.parizotto@gmail.com), [moniquemwebber@gmail.com](mailto:moniquemwebber@gmail.com), [tacianeregina74@gmail.com](mailto:tacianeregina74@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – *Campus Sertão*, Rodovia RS 135 km, 25, Distrito Eng. Luiz Englert, 99170-000, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [david.darosa@sertao.ifrs.edu.br](mailto:david.darosa@sertao.ifrs.edu.br)

### RESUMO

A efetividade da aveia preta como cultura de cobertura de solo está atrelada ao estande de plantas. O presente estudo objetivou avaliar o efeito da distribuição da palha de soja na emergência de aveia preta em uma lavoura com sistema plantio direto consolidado. A quantidade de palha ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a densidade de aveia preta ( $\text{plantas m}^{-2}$ ) foram determinadas em 20 pontos georreferenciados, sendo 10 pontos correspondentes ao centro da colhedora e os outros 10 correspondentes às extremidades. Nos pontos alusivos ao centro da colhedora a quantidade de palha variou de 6.424 a 12.000  $\text{kg ha}^{-1}$  ( $\bar{x} = 8.788 \pm 1.669 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a densidade de plantas de aveia preta variou de 165 a 212  $\text{plantas m}^{-2}$  ( $\bar{x} = 191 \pm 14 \text{ plantas m}^{-2}$ ). Nos pontos relativos às extremidades da colhedora a quantidade de palha variou de 1.697 a 3.394  $\text{kg ha}^{-1}$  ( $\bar{x} = 2.448 \pm 588 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a densidade de plantas de aveia preta variou de 267 a 306  $\text{plantas m}^{-2}$  ( $\bar{x} = 285 \pm 13 \text{ plantas m}^{-2}$ ). As variáveis analisadas apresentaram correlação forte, negativa e significativa ( $r = -0,887$ ;  $P < 0,05$ ). Portanto, quanto maior a quantidade de palha de soja menor é o estande de plantas de aveia preta.

**Palavras-chave:** Aveia preta. Palha. Cobertura.

### ABSTRACT

The effectiveness of black oats as a cover crop is linked to the plant stand. The present study aimed to evaluate the effect of soybean straw distribution on the emergence of black oats in a no-tillage system. The amount of straw ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) and the density of black oats ( $\text{plants m}^{-2}$ ) were determined at 20 georeferenced points, 10 points corresponding to the middle of the combine harvester and the other 10 corresponding to the ends. In the points allusive to the middle of combine harvester the amount of straw ranged from 6,424 to 12,000  $\text{kg ha}^{-1}$  ( $\bar{x} = 8,788 \pm 1,669 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the density of black oat plants ranged from 165 to 212  $\text{plants m}^{-2}$  ( $\bar{x} = 191 \pm 14 \text{ plants m}^{-2}$ ). At the ends of the combine harvester the amount of straw varied from 1,697 to 3,394  $\text{kg ha}^{-1}$  ( $\bar{x} = 2,448 \pm 588 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the density of black oat plants ranged from 267 to 306  $\text{plants m}^{-2}$  ( $\bar{x} = 285 \pm 13 \text{ plants m}^{-2}$ ). The analyzed variables presented strong, negative and significant correlation ( $r = -0.887$ ;  $P < 0.05$ ). Therefore, the larger the amount of soybean straw the smaller the stand of black oat plants.

**Keywords:** Black oat. Straw. Cover.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos pilares do Sistema Plantio Direto (SPD) é o manejo da palha, que consiste na cobertura do solo através de restos culturais. Uma das etapas fundamentais deste manejo ocorre no momento da colheita, uma vez que as máquinas empregadas na operação são responsáveis por fazer a distribuição dos restos culturais no solo (KUNZ *et al.*, 2008).

É de fundamental importância que esses restos culturais sejam distribuídos de forma homogênea sobre o solo, buscando evitar locais de acúmulo de palha, haja visto que ocasionarão problemas de embuchamento na semeadora no momento da semeadura da próxima cultura, além de irregularidades na profundidade das sementes (LEVIEN *et al.*, 2004).

A baixa quantidade ou mesmo, ausência de palha, também é um problema, pois nestes locais há uma maior propensão ao desenvolvimento de plantas daninhas (COSTA *et al.*, 2018). Conforme Correia e Durigan (2008) diferentes concentrações de palha também podem refletir no aparecimento de faixas de fertilidade diferentes, bem como, poderá gerar redução do contato solo/semente, gerando faixas com menor emergência de plântulas.

O aporte anual de palha para o sistema de plantio direto deve ser de 10 a 12 t ha<sup>-1</sup> (BAYER, 1996). Neste sentido, a aveia preta (*Avena strigosa* S.) é uma cultura de inverno muito utilizada no Sul do Brasil para fins de cobertura de solo dentro de um SPD, apresentando uma produtividade média de matéria seca na ordem de 4 t ha<sup>-1</sup> (GIACOMINI *et al.*, 2003; CAIRES *et al.*, 2006). Sua utilização traz inúmeros benefícios para as culturas de verão subsequentes, quando comparado a prática de pousio durante o período de inverno (FONTINELLI *et al.*, 2018). Entretanto, a efetividade desta alternativa de cobertura de solo se dá, em grande parte, em virtude da densidade de plantas e esta, por sua vez, está aliada a emergência uniforme das plântulas.

Muitos agricultores têm relatado dificuldades de emergência da cultura da aveia preta em locais onde há acúmulo de palha de soja. Embora seja um problema recorrente, não há estudos na literatura que abordem a influência da palha de soja na germinação da aveia preta.

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes densidades de palha de soja geradas pela irregularidade de distribuição na colheita sobre a emergência de aveia preta.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área de 2,6 hectares localizada no município de Sertão/RS, situada a 28°0'34"S e 52°25'4"O e altitude de 620 metros. A área é manejada em SPD há mais de 30 anos, na qual são cultivadas grandes culturas, como soja, trigo e aveia preta.

Para implantação do experimento, um gride de 20 pontos foi determinado na área, sendo 10 pontos relativos ao centro da colhedora e os outros 10 relativos à extremidade. Os parâmetros avaliados foram a quantidade de palha e a densidade de plantas emergidas de aveia preta. Para o primeiro parâmetro, foi extraída a massa de palha presente em 1 m<sup>2</sup>, esta foi pesada e estimada seu valor por hectare, parâmetro mensurado no dia que foi realizada a semeadura de aveia. Após a emergência da aveia, foi determinada a densidade de plantas por m<sup>2</sup> nos mesmos pontos amostrais anteriores.

A colheita da soja foi realizada com uma colhedora New Holland® modelo TC 5070 equipada com plataforma de 20 pés de comprimento.

Para condução do experimento foi empregado um GNSS portátil Garmin® Etrex 20, sendo

os dados tabelados em planilha eletrônica. Os dados geoestatísticos e mapas de isolinhas foram gerados pelo software CR Campeiro 7®, e estatística descritiva básica realizada no software Microsoft Office Excel 2016®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos pontos alusivos ao centro da colhedora a quantidade de palha variou de 6.424 a 12.000 kg ha<sup>-1</sup> e a densidade de plantas de aveia preta variou de 165 a 212 plantas m<sup>-2</sup>. Já nos pontos relativos às extremidades da colhedora a quantidade de palha variou de 1.697 a 3.394 kg ha<sup>-1</sup> e a densidade de plantas de aveia preta variou de 267 a 306 plantas m<sup>-2</sup>.

Conseqüentemente, a quantidade de palha de soja foi maior nos pontos referentes ao centro da colhedora, enquanto a densidade de plantas de aveia preta foi maior nos pontos relativos à extremidade da colhedora (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva da quantidade de palha de soja (kg ha<sup>-1</sup>) e densidade de plantas de aveia preta (plantas m<sup>-2</sup>) em função da posição da colhedora (centro e extremidade).

Variável	Posição da colhedora	M <sup>(1)</sup>	S <sup>(2)</sup>	CV <sup>(3)</sup>	AS <sup>(4)</sup>	K <sup>(5)</sup>	GD <sup>(6)</sup>
Cobertura superficial (kg ha <sup>-1</sup> )	Centro	8.788	1.669	19,0	0,7	0,1	46,52
	Extremidade	2.448	588	24,0	0,7	-0,5	
Plantas de aveia preta m <sup>-2</sup>	Centro	191	14	7,4	-0,2	-0,1	48,7
	Extremidade	285	13	4,6	0,1	-1,1	

<sup>(1)</sup>Média. <sup>(2)</sup>Desvio padrão. <sup>(3)</sup>Coeficiente de variação (%). <sup>(4)</sup>Assimetria. <sup>(5)</sup>Curtose. <sup>(6)</sup>Grau de dependência.

As variáveis analisadas apresentaram correlação forte, negativa e significativa ( $r = -0,887$ ;  $p < 0,05$ ), logo, quanto maior a quantidade de palha de soja, menor é a emergência de plantas de aveia preta e, conseqüentemente, menor é o estande de plantas.

Os mapas da quantidade de palha de soja (Figura 1) e densidade de plantas de aveia preta (Figura 2) demonstram a existência de uma grande variabilidade espacial, tanto de palha, como de densidade de plantas de aveia preta ao longo da área. Os locais em que há maior presença de palha coincidem com aqueles em que há menor densidade de plantas de aveia preta, corroborando para a existência de correlação negativa entre as variáveis.

A distribuição de palha ficou 43,39% concentrada entre 3.510,76 e 5.614,24 kg ha<sup>-1</sup>, zona mais central da área, local em que a emergência foi 40,75% concentrada na densidade de plantas média, variando de 218,88 a 250,02 plantas m<sup>-2</sup>.

Conforme Taiz *et al.* (2017), as sementes necessitam de presença de água, temperatura e oxigênio para germinarem. O excesso de palha de soja funciona como uma barreira física, impedindo a emergência da aveia preta. Portanto, a aveia preta, apesar de encontrar condições ideais para germinação, tem o processo de emergência afetado negativamente pelo excesso de palha.

Figura 1. Variabilidade espacial da quantidade de palha de soja ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função da posição da colhedora.

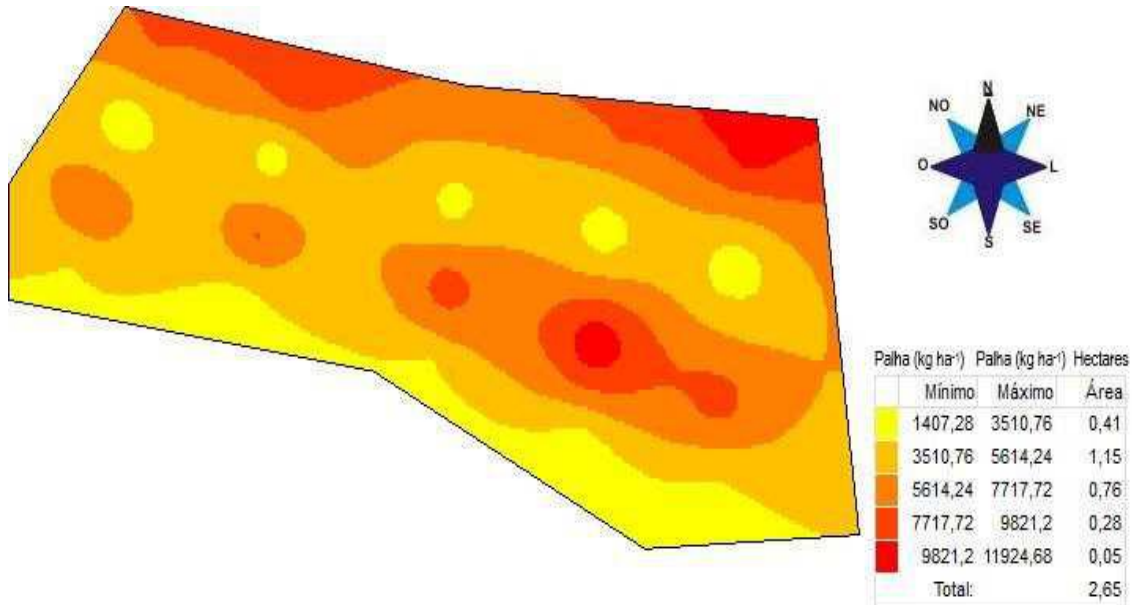
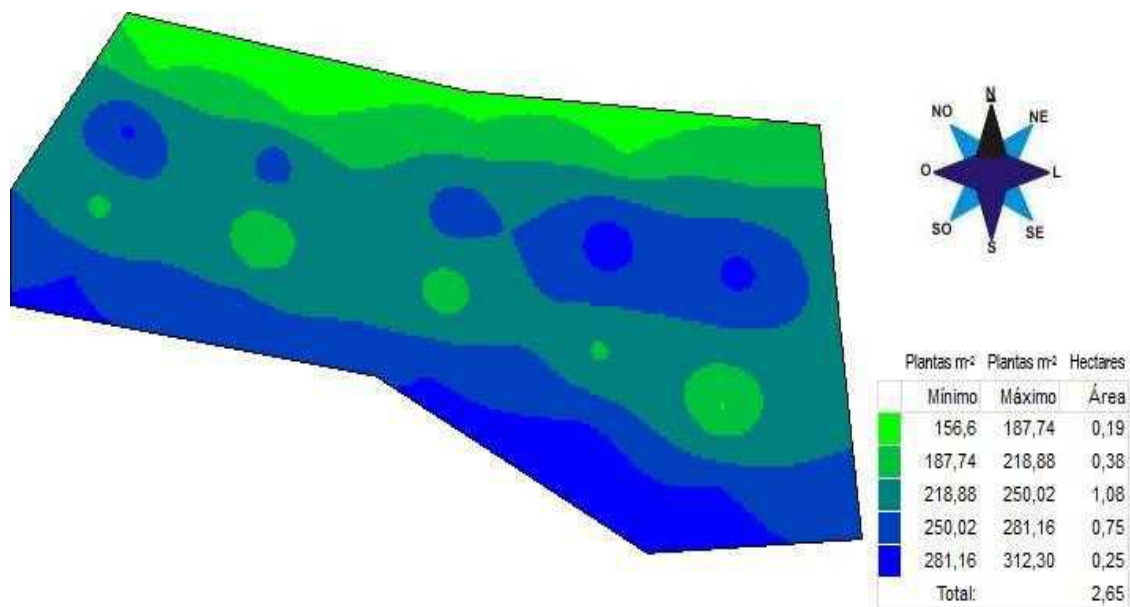


Figura 2 - Variabilidade espacial da densidade de plantas de aveia preta ( $\text{plantas m}^{-2}$ ) em função da posição da colhedora.



A maior densidade de aveia, classe de 281,16 a 312,30 plantas  $\text{m}^{-2}$ , ocorreu em apenas 9,43% da área, zona essa que teve a menor classe de quantidade de palha, 1.407,28 a 3.510,76  $\text{kg ha}^{-1}$ . A quantidade de palha não é importante só na emergência da aveia preta. Chioderoli *et al.* (2012) destacam o efeito no manejo de fertilidade do solo, uma vez que a decomposição da palha libera nutrientes ao meio. Este processo, dentro de um sistema de agricultura de precisão,

que preconiza pela homogeneidade dos atributos químicos do solo, é fundamental.

Segundo Prado *et al.* (2002), a cobertura vegetal de solo em um SPD deve ser de no mínimo 85%. Porém, é necessário haver uniformidade de distribuição. O efeito da palha na emergência foi estudado por Mantovani e May (2015), que relataram que nos cultivos de soja, milho e trigo houve dificuldades de emergência na presença de palha em excesso, fato relacionado a maior dificuldade de corte dos mecanismos das semeadoras.

A maior concentração de palha foi verificada no centro da colhedora, região das peneiras. Kunz (2007), em um estudo objetivando avaliar a distribuição da palha de soja em diferentes colhedoras, constatou que a distribuição transversal da palha foi desuniforme, independente do mecanismo de trilha e da largura da plataforma, sendo verificado acúmulo de palha no centro da linha de deslocamento e pouco nas extremidades. Orlando *et al.* (2005), estudando a distribuição da palha de trigo em três colhedoras de cilindro transversal, também constataram maior acúmulo de palha no centro das máquinas. Os autores destacam a importância de um sistema de distribuição de palhicho (material oriundo das peneiras), visando a obtenção de uma distribuição de palha mais homogênea, visto que, atualmente, a maioria das colhedoras possuem apenas aletas difusoras para distribuir palha no picador, sem a presença de um mecanismo distribuidor de palha nas peneiras. Na colhedora avaliada, embora possuindo no bandeijão divisões para distribuir melhor o volume de palha sobre o sistema de peneira, a oscilação do terreno acaba direcionando a palha desuniformemente, resultando nesse problema.

Veseth *et al.* (1997) encontraram na colheita do trigo, valores de palha variando de 5.200 kg ha<sup>-1</sup> (bordas da colheita) a 22.200 kg ha<sup>-1</sup> (centro da colhedora). Conforme os autores, o palhicho correspondeu a 65% dos 22.200 kg ha<sup>-1</sup> de palha encontrados no centro da colhedora. A maior quantidade de palha no centro da colhedora em relação as bordas, encontrados por estes autores, foram similares ao presente estudo, demonstrando que a irregularidade de distribuição de palha das colhedoras é um problema recorrente na agricultura.

A desuniformidade de palha na área (Figura 2) irá repercutir em problemas com plantas daninhas. Conforme Fileti *et al.* (2011), a palha assume grande importância no manejo destas, uma vez que ela tem a capacidade de influenciar na dormência, germinação e mortalidade de determinadas espécies daninhas, provocando modificações nas comunidades infestantes. No entanto, estas dependem do tipo e quantidade de palha e principalmente da espécie daninha que pode ou não ser favorecida pela cobertura morta.

#### 4 CONCLUSÃO

Diferentes quantidades de palha de soja geradas pela irregularidade de distribuição na colheita afetam a emergência de aveia preta. Quanto maior a quantidade de palha de soja menor é a densidade de plantas de aveia preta emergidas.

#### REFERÊNCIAS

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejos de solos.** Tese de doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

CAIRES, E. F.; GARBUJO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura

de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.87-98, 2006.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, v.71, p.112-121, 2012.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, v.24, p.20-31, 2008.

COSTA, N. V.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; COELHO, E. M. P.; FERREIRA, S. D.; BARBOSA, J. A. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, p. 25-44, 2018.

FILETI, M. S.; PINOTTI, E. B.; EPIPHANIO, P. D.; BARROS, B. M. C.; SILVA, T. F.; GIROTTI, M.; SILVA, D. P.; BOSQUÊ, G. G.; LIMA, F. C. C. Utilização de palhada no controle de planta daninha. **Revista científica eletrônica de agronomia**, ano X, n. 20, 2011.

FONTINELLI, A. M.; SILVA, L. S. da; MACHADO, J. P.; SANCHOTENE, M. G.; MENEZES, H. M.; BEUTLER, A. N. Quantidades de palha de aveia preta, compactação adicional e produtividade de soja em terras baixas. In: Salão internacional de ensino, pesquisa e extensão, 10º., 2018, Santana do Livramento. **Anais...** Santana do Livramento Universidade Federal do Pampa, 2018.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.325-334, 2003.

KUNZ, V. L. **Distribuição de palha por colhedoras autopropelidas na cultura da soja**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UNIOESTE, Casvavel, 2007.

KUNZ, V. L.; FILHO, A. G.; PRIMO, M. A.; GURGACZ, F.; FEY, E. Distribuição de palha por colhedoras autopropelidas na colheita da soja. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.125-135, 2008.

LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F.; TREIN, C. R.; CONTE, O. Grau de fragmentação e forma de distribuição de resíduos pela colhedora na colheita de soja. IN: **Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e água**, 2004.

MANTOVANI, E.C.; MAY, A. Mecanização. In: PEREIRA FILHO, I.A; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa. cap. 3, p. 41-50, 2015.

ORLANDO, A. F.; FEY, E.; PEDRON, T.; LIMA, E.; PRIMO, L. Uniformidade de distribuição dos resíduos da cultura do trigo em colhedoras autopropelidas In: **JORNADA CIENTÍFICA DA UNIOESTE**, 2005.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; FURLANI, C. E. A. **Manejo mecanizado de atividades para a**

**implantação de culturas.** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p., 2017.

VESETH, R. J., ENGLE, C. F.; VOMOCIL, J. A.; MCDOLE, R. E. Uniform combine residue distribution for successful no-till and minimum tillage systems. **Pacific Northwest Ext. Bull**, v. 7, p. 1-7, 1997.



---

## ESTUDO DE CORRELAÇÕES DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DO SUL-RS

*Study of correlations of soil chemical and physical attributes with the productivity of corn and soybean in the municipality of Cachoeira do Sul-RS*

Enza Rigon<sup>1</sup>, Telmo J. C. Amado<sup>1</sup>, Luan Pierre Pott<sup>1</sup>, Arthur Kich Buhse<sup>1</sup>, Vinicius Pedron<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil,  
enza-rigon@hotmail.com; florestatel@hotmail.com; luanpierrepott@hotmail.com;  
arthur.buhse@hotmail.com; pedron.vinicius@hotmail.com

### RESUMO

Os cultivos de milho e soja ocupam um grande espaço na agricultura brasileira, visto isso, o presente trabalho teve como objetivo determinar a correlação de atributos físicos e químicos do solo com a produtividade destas culturas. A área estudada foi sob pivô central. As avaliações foram realizadas durante a safra agrícola de 2013/14 e 2014/2015 ambos os anos com o cultivo de milho e em 2015/2016 com o cultivo de soja. A análise de correlação dos atributos trabalhados demonstrou que há diferenças entre os principais fatores que afetam a produtividade do milho e da soja, com cada cultivo oscilando diferentemente aos fatores químicos e físicos do solo. Desta forma pode-se concluir que o mapeamento do solo, e o estudo de cada atributo químico e físico é importante para averiguar qual fator está limitando mais a produtividade em determinado talhão.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão, atributos de solo, limitações.

### ABSTRACT

Corn and soybean crops occupy a large space in Brazilian agriculture. Therefore, the present study aimed to determine the correlation of soil physical and chemical attributes with the productivity of these crops. The study area was under central pivot. The evaluations were carried out during the 2013/14 and 2014/2015 crop both years with corn crop and in 2015/2016 with soybean crop. The correlation analyses of the attributes showed that there are differences between the main factors affecting corn and soybean yield, with each crop oscillating differently to the chemical and physical factors of the soil. Thus, it can be concluded that soil mapping, and the study of each chemical and physical attribute is important to ascertain which factor is more limiting the productivity in particular field.

**Keywords:** Precision agriculture, soil attributes, limitations.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão é um conjunto de métodos e práticas que com o auxílio da tecnologia permite o uso racional de insumos e a adoção de medidas localizadas. O monitoramento contínuo das áreas de cultivo permite que o produtor e o técnico responsável atuem no devido local de necessidade (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2011)

A utilização de tecnologias na agricultura trouxe benefícios aos produtores, como melhorias no gerenciamento das atividades, maior conhecimento sobre a própria propriedade e controle das quantidades de recursos aplicados em cada área (HAUSCHILD, 2013). Porém, a agricultura de precisão não é somente o emprego de tecnologia como sensores, GNSS (Global Navigation Satellite System) e distribuidores taxa variável. A agricultura de precisão engloba conhecimentos e técnicas que podem ser empregadas de maneiras simples (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

Os cultivos de soja e milho ocupam grande parte do território brasileiro, tais culturas são utilizadas para alimentação animal, produção de energia e exportação. O milho na safra 2018/2019 ocupou uma área 17,3 milhões hectares e a soja 35,8 milhões de hectares. A expectativa de produção para a próxima safra é de 99,3 milhões de toneladas de milho e de 115 milhões de toneladas de soja (Conab 2019).

A medida de correlações de variáveis busca avaliar a influência que as variáveis apresentam em conjunto. Logo, a correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis que podem ser mensuradas (MOORE, 2008). Visto isso, utilizando ferramentas de agricultura de precisão e de estatística, é possível buscar qual variável está influenciando mais na produtividade para determinado estudo. (FIGUEIREDO; SILVA, 2009)

O milho é uma planta que encaixa na rotação de culturas do sistema plantio direto trazendo diversos benefícios pela sua alta produção de palhada, quebra de ciclo de patógenos e rotação de mecanismos de ação de herbicidas. (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Também apresenta um alto potencial produtivo, porém, há fatores climáticos, culturais e de solo que reduzem a produtividade das lavouras, logo, o correto manejo deve ser aplicado buscando equilibrar o conjunto de fatores que lhe afetam (DURÃES et al., 1995).

O milho requer a interação de um conjunto de fatores edafoclimáticos apropriados para o seu desenvolvimento satisfatório. Um solo rico em nutrientes, por exemplo, teria pouco significado para a cultura se esse mesmo solo estivesse submetido a condições climáticas adversas ou, ainda, apresentasse características físicas inadequadas, que influenciariam negativamente na condução e desenvolvimento da cultura. (SANTANA; LANDAU; SANS, 2012) Em termos de solos, os fatores que mais impactam na produção é a textura, profundidade efetiva e declividade. Contudo em termos de clima, são a radiação solar, a precipitação e a temperatura. Estes fatores atuam eficientemente nas atividades fisiológicas interferindo diretamente na produção de grãos e de matéria seca. (SANTANA; LANDAU; SANS, 2012)

A soja possui um metabolismo diferenciado e menos eficiente na fixação de carbono se comparada com o milho, porém possui a habilidade de se associar com bactérias fixadoras de nitrogênio. (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Essa habilidade permite uma grande economia e vantagens ambientais, porém, o ambiente radicular deve ser adequado para o bom desenvolvimentos dessas bactérias. Conforme apontam MUNDSTOCK e THOMAS (2005), a soja apresenta maior sensibilidade aos seguintes fatores, ao fotoperíodo, acamamento, retenção foliar, excesso hídrico e déficit hídrico.

Da mesma forma que o milho, a soja possui fatores que atuam limitando a produtividade real, visto isso, o estudo localizado de qual fator está atuando permite alterações no manejo que

sanem esta dificuldade (SANTOS et al., 2012). Atualmente devido a sua valorização no mercado internacional, sua produção está aumentando no país, por ser uma cultura de alta produtividade, preço estável, e fácil comercialização ganhou destaque na agricultura brasileira. (BONATO; BONATO, 1987).

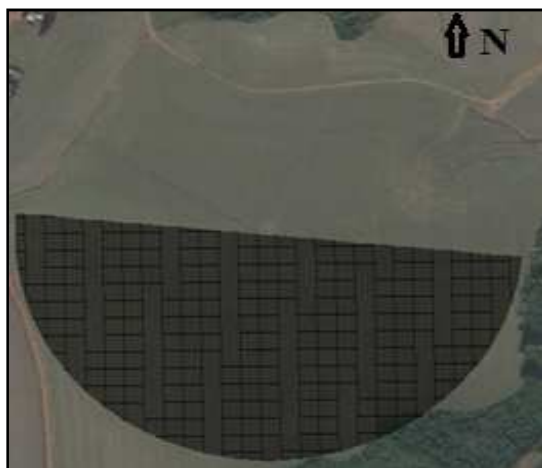
O objetivo deste trabalho é avaliar os fatores químicos e físicos que mais se relacionam com a produtividade de milho e soja utilizando técnicas de agricultura de precisão.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Cachoeira do Sul, localizado na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. O clima da região é classificado como Cfa de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). O solo analisado foi um Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2013). O experimento foi efetuado em uma lavoura comercial que possuía uma altitude média de 124m em relação ao nível médio dos mares.

A área estudada estava sob regime hídrico de pivô central e manejo do sistema de plantio direto, totalizando nesse experimento área de 25 ha (Figura 1). Esta área possui historicamente o manejo de calagens e adubações utilizando agricultura de precisão. Com isso, 2 anos anteriormente ao estudo, foi realizada calagem e as adubações são realizadas conforme as necessidades de cada cultivo e da situação do solo. Para as definições das doses o produtor utilizava o Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, NÚCLEO REGIONAL SUL, 2004).

Figura 1 – Detalhe para a área de estudo.



Fonte: Próprio autor.

Foram levantados dados nas safras 2013/14, 2014/15 e 2015/16, as culturas avaliadas foram milho, milho e soja respectivamente. As variáveis coletadas foram altitude, resistência a penetração, teor de argila, condutividade elétrica, pH, SMP, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, alumínio, soma de bases, CTCpH7, saturação por alumínio, saturação por bases e produtividade.

Para coleta de solo (análise química) e para penetrometria (resistência à penetração) foi

gerado malha amostral (50 x 50 m) para coleta de informação totalizando 93 pontos amostrais.

A resistência à penetração e a condutividade elétrica foram levantados *in loco*, utilizando um penetrômetro SoloStar® automático da marca Falker e o equipamento VERIS 3100® (Stara, Brazil).

As coletas dos atributos relacionados às produtividades de grãos foram anteriores ao estabelecimento da cultura de milho, em agosto de 2013. As produtividades de grãos das culturas foram estimadas por sensor de impacto acoplado em colhedora disponibilizada pelo produtor modelo S680® da marca John Deere® que possui o sistema HarvestDoc™ de produção de mapas de colheita.

As variáveis foram analisadas pelo coeficiente de correlação de Pearson em relação a produtividade, e foi feito teste de significância  $p < 0,05$  utilizando software R.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as análises de correlação, montou-se uma tabela de correlações para avaliar quais parâmetros avaliados influem mais na produtividade.

Como pode ser observada na tabela 1, alguns parâmetros físicos do solo influenciaram de forma distinta entre 2013/14, 2014/15 e 2015/16. Isto devido que as duas primeiras safras foram com cultura do milho e no último ano foi soja, indicando que os fatores que se correlacionam com a produtividade de uma cultura não são os mesmos de outra. Para o milho o fator de maior correlação foi a condutividade elétrica em 90cm e em 30cm e a altitude, respectivamente. A resistência à penetração a 30cm apresentou uma correlação negativa na produtividade.

Tabela 1- valores de r calculados pelo método Pearson para cada atributo físico avaliado.

	Produtividade 2013/14	Produtividade 2014/15	Produtividade 2015/16	Normal 3anos
<b>Altitude</b>	0.47	0.48	-0.18	0.34
<b>RP10cm</b>	-0.10	0.00	0.00	-0.04
<b>RP20cm</b>	0.03	0.03	-0.06	0.00
<b>RP30cm</b>	-0.24	-0.26	-0.27	-0.35
<b>RP40cm</b>	0.03	-0.05	-0.05	-0.03
<b>RP50cm</b>	0.06	0.14	-0.06	0.06
<b>RP60cm</b>	0.26	0.29	-0.21	0.14
<b>Argila</b>	0.29	0.27	-0.05	0.23
<b>Cea30cm</b>	0.52	0.57	-0.17	0.41
<b>Cea90cm</b>	0.53	0.57	-0.13	0.43

Legenda: RP10cm: resistência a penetração aos 10cm de profundidade; RP20cm: resistência a penetração a 20cm de profundidade; RP30cm: resistência a penetração com 30cm de profundidade; RP40cm: resistência a penetração a 40cm de profundidade; RP50cm: resistência a penetração a 50cm de profundidade; RP60cm: resistência a penetração a 60cm de profundidade; Argila: teor de argila; Cea30cm: Condutividade elétrica do solo a 30cm de profundidade; Cea90cm: Condutividade elétrica do solo a 90cm de profundidade.

De acordo com VIAN et al. (2016) a produtividade do milho apresenta elevada variabilidade espacial e temporal, condicionada por aspectos relacionados ao estabelecimento e desenvolvimento da cultura. Valores de baixa correlação para resistência a penetração em relação produtividade de feijão foram encontrados em Latossolos Vermelhos (CARVALHO et al., 2006)

O conteúdo de água no solo é um grande influenciador da produtividade de milho e soja, logo, fatores como a resistência a penetração impedem que as raízes se aprofundem para locais com maior disponibilidade de água, reduzindo a produtividade (ALBERTO et al., 2006). Atributos físicos do solo possuem uma maior dependência espacial, e devido a isso geram zonas de similaridade dentro de uma mesma área, o uso da condutividade elétrica pode servir de referência para extrapolação de valores encontrados de textura por exemplo (ALVES et al., 2013). Logo, o comportamento das correlações deve ser de mesmo efeito para condutividade elétrica e textura, como foi observado.

Na tabela 2 estão apresentados os fatores ligados a atributos químicos do solo. Pode ser observado que novamente os fatores possuem um comportamento diferente entre as culturas. Para o milho a soma de bases, CTCpH7, Ca e pH apresentaram correlação positiva, enquanto que a saturação por alumínio apresentou correlação negativa, como já era esperado.

Tabela 2- Valores de r calculados pelo método Pearson para cada atributo químico avaliado.

	Produtividade 2013/14	Produtividade 2014/15	Produtividade 2015/16	Normal 3anos
<b>pH</b>	0.22	0.28	-0.14	0.16
<b>SMP</b>	0.15	0.20	-0.07	0.12
<b>MOS</b>	0.18	0.11	-0.01	0.12
<b>P</b>	-0.11	-0.02	-0.05	-0.08
<b>K</b>	0.11	0.25	0.04	0.18
<b>Ca</b>	0.27	0.32	-0.20	0.17
<b>Mg</b>	0.21	0.22	-0.08	0.16
<b>S</b>	0.00	-0.12	0.04	-0.04
<b>Al</b>	-0.33	-0.40	0.09	-0.29
<b>H.Al</b>	-0.11	-0.02	0.04	-0.04
<b>SB</b>	0.29	0.35	-0.17	0.20
<b>CTCefetiva</b>	0.23	0.28	-0.18	0.15
<b>CTCpH7</b>	0.24	0.32	-0.03	0.24
<b>M</b>	-0.34	-0.41	0.09	-0.30
<b>V</b>	0.06	0.00	-0.26	-0.10

Legenda: pH: potencial de hidrogênio em água; SMP: método de análise do poder tampão do solo utilizado para recomendações de calagem; MOS: matéria orgânica do solo; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; Al: alumínio; H.Al: hidrogênio mais alumínio do solo; SB: soma de bases; CTCefetiva: capacidade de troca de cátions desconsiderando cargas negativas que estão com hidrogênio ligado; CTCpH7: capacidade de troca de cátions considerando todas as cargas negativas do solo; M: saturação por alumínio; V: saturação por bases.

Porém, na cultura da soja o comportamento das correlações surpreendeu, pois, nenhum fator apresentou alta correlação positiva e fatores como saturação por base apresentaram correlação negativa. A menor variabilidade espacial encontrada para produtividade de grãos de soja, diminuindo assim relações de correlação com os atributos avaliados. Contudo, para o

comportamento apresentado pela soja, é necessário ampliar os fatores de estudo e repetir o experimento para averiguar quais as possíveis causas dessa resposta.

REICHERT et al. (2008) encontraram em Planossolos que a produtividade de soja possui 0,65 de correlação com atributos químicos do solo, pH em água, saturação por alumínio, manganês trocável e capacidade de troca de cátions, e físicos: resistência à penetração, areias grossa e fina e argila natural.

Os fatores químicos e físicos do solo são limitantes quando há água suficiente para o desenvolvimento da cultura, isto se manifesta em sistemas de irrigação por pivô central, onde há água, mas os fatores do solo impedem que as culturas atinjam seu maior potencial. A variabilidade de cada fator depende do histórico do manejo adotado e também das características de cada fator (AMADO et al., 2009). Devido ao uso contínuo do plantio direto, avaliações somente da parte química do solo podem esconder a realidade do solo, os atributos físicos e biológicos devem ser melhor amostrados para a total compreensão do sistema (CARNEIRO et al., 2009).

O milho é uma cultura que possui um alto potencial produtivo, e por essa razão, também se torna altamente sensível a alterações no meio, pesquisadores encontraram que em sistema de plantio direto a utilização de calcário e gesso só foi responsiva no cultivo de milho, em contrapartida trigo e soja não apresentaram diferenças (CAIRES et al., 1999).

A soja possui um sistema de adaptação ao ambiente que as vezes pode esconder a real situação da área. Também, a soja possui maior sensibilidade aos fatores climáticos e ambientais, visto isso, pode ocorrer que o mais limitante na produtividade da soja não esteja no solo, e sim em um período de semeadura errado, um posicionamento de cultivar equivocado ou até mesmo anos com baixa radiação. (SANTOS et al., 2012)

#### 4 CONCLUSÃO

O estudo dos fatores físicos e químicos de solo permite identificar os fatores que mais se correlacionam com a produtividade da cultura, com maior potencial para a cultura do milho.

A soja não apresentou correlação significativa com as variáveis estudadas.

#### REFERÊNCIAS

- ALBERTO, C. M. et al. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 41, n. 7, p. 1067–1075, 2006.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, S. M. D. F. et al. Definição De Zonas De Manejo a Partir De Mapas De Condutividade Elétrica E Matéria Orgânica Definition of Management Zones From Maps of Electrical Conductivity and Organic Matter. **Bioscience Journal**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 104–114, 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/13687/11974>>
- AMADO, C. et al. **Atributos químicos e físicos de latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados**. [s. l.], 2009.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. EMBRAPA- Empresa

- Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [s. l.], v. 21, p. 61, 1987. Disponível em:  
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/446431?mode=simple>>
- CAIRES, E. F. et al. **Alterações Das Características Químicas Do Solo Pela Aplicação De Calcário E Gesso Na Superfície**, [s. l.], n. 1, p. 315–327, 1999.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo**. [s. l.], 2009.
- CARVALHO, G. J. et al. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 765–771, 2006.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (NÚCLEO REGIONAL SUL, S. B. de C. do S. **Manual de adubação edecalagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, [s. l.], v. 10 ed., p. 400, 2004. Disponível em:  
<[http://www.sbcs-nrs.org.br/docs/manual\\_de\\_adubacao\\_2004\\_versao\\_internet.pdf](http://www.sbcs-nrs.org.br/docs/manual_de_adubacao_2004_versao_internet.pdf)>
- DURÃES, F. O. M. et al. COMPORTAMENTO DO MILHO EM SEMEADURA TARDIA (SAFRINHA) NO BRASIL CENTRAL I. **Sci. Agrícola**, Piracicaba, 1995.
- FIGUEIREDO, D. B. F.; SILVA, J. A. da J. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). [s. l.], v. 18, p. 115–146, 2009.
- HAUSCHILD, F. E. G. **Técnicas de agricultura de precisão para definição de zonas de manejo de solo**. 2013. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, [s. l.], 2013.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação Biológica de Nitrogenio**. Embrapa Soja. Circular Técnica, 35, [s. l.], p. 1–48, 2001.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. [s. l.], v. d, 2006.
- MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. Do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão Agricultura de Precisão**. 1. ed. ed. São Paulo. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/Boletim Técnico AP.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Boletim_Tecnico_AP.pdf)>
- MOORE, D. S. **The basic practice of statistics**. 5th ed. ed. New York: W.H. Freeman and Co., 2008.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos** Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2005.
- REICHERT, J. M. et al. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 38, n. 4, p. 981–988, 2008.
- SANTANA, D. P.; LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo do Milho**. 2012. Disponível em:  
<[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_state=normal&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=3821&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=3718&p\\_p\\_mode=v](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3821&p_r_p_-996514994_topicold=3718&p_p_mode=v)>. Acesso em: 18 set. 2019.
- SANTOS, A. C. et al. Fatores e técnicas de produção e sua influência na produtividade e

qualidade da soja. XI Encontro de Engenharia de Produção Industrial, [s. l.], p. 8, **Anais....** 2012.

SANTOS, H. G. dos; et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2013. 353 p. [s.l: s.n.].

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos E Vantagens. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 159–163, 2002.

VIAN, A. L. et al. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 46, n. 3, p. 464–471, 2016.



## COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA PRODUZIDOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E APRESENTADOS POR MEIO DE “KRIGAGEM”

*Soybean yield components produced in different crop systems and submitted  
by “krigage”*

Fagner Augusto Rontani<sup>1</sup>, Antônio Luis Santi<sup>2</sup>, Diecson Ruy Orsolin da Silva<sup>3</sup>, Henrique Luiz Santi Schmatz<sup>4</sup>, Eduardo Somavilla Manfio<sup>5</sup>, Schayana Pavelski<sup>6</sup>, Ezequiel Zibetti Fornari<sup>7</sup>, Cleonice Inês<sup>8</sup> Jung, Luiz Felipe Rossetto Gerlach<sup>9</sup>

<sup>1,6</sup> Mestrando em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Faguêense, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, fagner\_rontani@outlook.com, schayanap@gmail.com

<sup>2,3</sup> Professor, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Sete de Setembro, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, santi\_pratica@yahoo.com.br, diecsonros@hotmail.com

<sup>4,5,7,8,9</sup> Graduandos em Agronomia Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Faguêense, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, henriquesanti777@gmail.com, eduardomanfio99@gmail.com, Ezequiel.fornari@yahoo.com.br, cleonicejung@hotmail.com, lfelipeross@hotmail.com.

### RESUMO

O uso da agricultura de precisão e a elaboração de mapas temáticos tem evoluído nos últimos anos, se tornando uma ferramenta comum nas propriedades, tendo o seu uso principalmente no mapeamento das características do solo. Logo o objetivo deste trabalho é expressar os resultados das variáveis de produtividade da cultura da soja utilizando ferramentas de agricultura de precisão em diferentes sistemas de cultivo. O experimento foi realizado na cultura da soja, pós cultivo de plantas de cobertura, em um experimento implantado em faixas, possuindo sete sistemas de cultivo de plantas de cobertura. Os resultados foram submetidos a análise estatística descritiva seguido da análise geoestatística por meio de “krigagem”, onde buscou-se a fórmula matemática que melhor expressasse os dados. Todas as variáveis analisadas apresentaram diferentes classes de resultados, demonstrando que houve efeito entre os diferentes sistemas de cultivo. Conclui-se que o uso da geoestatística pode ser aceita como uma forma de interpretação dos dados, tanto estatisticamente como visualmente, por meio de mapas.

**Palavras-chave:** *Glycine max. Produtividade. Geoestatística.*

### ABSTRACT

The use of precision agriculture and the making of thematic maps has evolved in recent years, becoming a common tool in the properties, having its use mainly in the mapping of soil characteristics. Therefore the objective of this work is to express the results of soybean crop yield variables using precision farming tools in different cropping systems. The experiment was carried out on soybean cultivation, after cover crop cultivation, in a banded experiment with seven cover crop cultivation systems. The results were submitted to descriptive statistical analysis followed by geostatistical analysis by "kriging", where the mathematical formula that best expressed the data was searched. All variables analyzed presented different classes of results, showing that there was an effect between the different cropping systems. It is concluded that the use of geostatistics can be accepted as a form of data interpretation, both statistically and visually, through maps.

**Keywords:** *Glycine max. Productivity. Geostatistics.*

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja apresenta algumas características de adaptação, sendo a plasticidade uma delas. Essa característica permite com que a planta se adapte ao ambiente e ao manejo, por meio de algumas modificações morfológicas nos componentes de rendimento (FERREIRA JUNIOR, et al., 2010). Essa característica da cultura da soja está relacionada a adaptação a vários fatores como, fertilidade do solo, altitude, sistema de cultivo, população de plantas, semeadura e espaçamento entre linhas (CARMO, 2018).

As variáveis de componentes de rendimento também poderão ser alteradas de acordo com o manejo anterior a cultura da soja, como por exemplo o manejo com adubação diferenciada ou até mesmo o cultivo de plantas de cobertura que proporcionem um ambiente com mais disponibilidade de nutrientes e palhada. O que irá ocorrer com os componentes de rendimento da soja, será uma alteração para mais ou para menos, dependendo do sistema de cultivo, como é o caso do trabalho realizado por Santos, et al (2014) onde os autores identificaram que a cultura da soja submetida a diferentes sistemas de rotação de culturas ocasionou um maior rendimento de grãos para a cultura .

Nesse sentido, a agricultura de precisão (AP) se torna uma ferramenta útil para diagnosticar evoluções e aumento de produtividade em diferentes sistemas de produção, podendo ela ser uma ferramenta importante para atender ou auxiliar as ambições globais de aumento de produtividade e segurança alimentar (BARNES, 2019). Logo, podemos utilizar das ferramentas de AP por meio de técnicas de coletas de informações e geração de mapas interpolados e assim expressarmos a produtividade de diferentes locais dentro da mesma gleba. A interpolação e extração de conjuntos de dados e criação de mapas possibilitarão o surgimento de novos resultados e interpretações das interações entre as atividades agrícolas e a produção (PULIGHE, 2016)

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi expressar os resultados das variáveis de produtividade da cultura da soja utilizando as ferramentas de agricultura de precisão em diferentes sistemas de cultivo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na área experimental na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - *campus* de Frederico Westphalen, RS. O campus localiza-se na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, situado geograficamente a uma latitude 27°23' 54" a 27° 23' 53" Sul e longitude de 53°25' 38" a 53°25' 36" Oeste, a 484 metros do nível do mar (Figura 1).

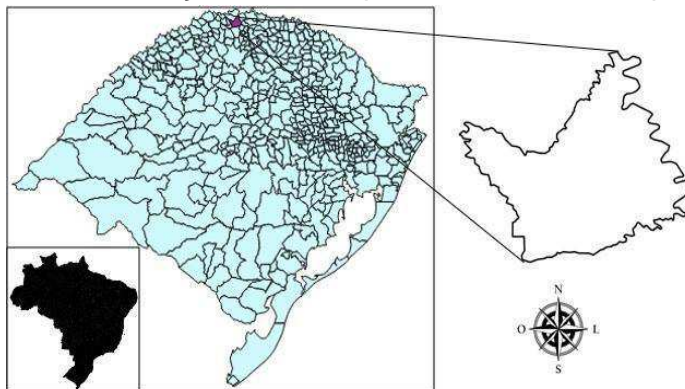
O relevo da área onde o experimento foi implantado é de topografia suave ondulado, sendo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

As médias de temperatura e precipitação anuais da região estão entre 19,2 °C e 1880 mm, o clima da região está classificado como Cfa ou subtropical úmido com verão quente (Köppen-Geiger, 1928).

A área onde o estudo foi conduzido media 49 x 49 m, possuindo então uma área útil de 2400 m<sup>2</sup>. A área do experimento foi dividida em sete faixas de 7 metros de largura por 49 metros de comprimento, onde em cada faixa correspondeu a um sistema de manejo com plantas de cobertura, sendo elas, aveia preta (*Avena strigosa*) (AP), aveia branca (*Avena sativa*) (AB), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) (NF), centeio (*Secale cereale*) (CE), ervilhaca (*Vicia sativa*) (EC),

ervilha forrageira (*Pisum sativum*) (EV) e azevém (*Lolium multiflorum*) (AZ), solteiro ou consorciadas. Os tratamentos foram: (T1) (AP), (T2) (CE + AP + NF + AB), (T3) (CE + EV + NF), (T4) (AB + EC + CE), (T5) (AB + EC + NF), (T6) (NF) e (T7) (AZ).

Figura 1 - Mapa ilustrativo da localização do município de Frederico Westphalen – RS.



Antes da implantação do experimento, a área foi demarcada com 98 parcelas de (3,5 x 7 m), também conhecida como unidades experimentais (UEs), sendo cada UEs um ponto de coleta de dados. Após a demarcação de cada UE, foi realizado o georreferenciamento do centro da mesma com um GPS RTK – modelo GR – 3 TOPCON, onde foram marcados 98 pontos georreferenciados definido em grade (“grids”) seguindo a distribuição das parcelas que continha 24,5 m<sup>2</sup> cada. Os pontos com suas devidas coordenadas serviram de base para a elaboração dos mapas temáticos.

Após a demarcação da área, foi realizado o controle das plantas daninhas com uma aplicação de glifosato 15 dias antes da semeadura (DAS) utilizando uma dose de (1920 g e.a. há<sup>-1</sup>). Logo em seguida, foi realizada a semeadura manual (a lanço) das sementes das culturas no dia 28 de maio de 2018, sendo feito o recobrimento das sementes com o uso de uma grade niveladora leve.

O desenvolvimento das culturas ocorreu normalmente e após o final do ciclo, as mesmas foram dessecadas com paraquate na dose de (400 g e.a. ha<sup>-1</sup>), com o objetivo de parar o desenvolvimento de forma uniforme em todos os tratamentos e também controlar alguma planta invasora presente na área. A semeadura da soja foi realizada no dia 20 de novembro de 2018, utilizando-se a cultivar TMG 7262 Inox, com densidade de semeadura de 12,3 plantas/m<sup>2</sup>.

Ao final do ciclo da soja, foram coletadas 15 plantas por parcela, e as mesmas foram levadas para o laboratório, onde foram quantificadas as principais variáveis de rendimento para cultura, sendo destacadas algumas delas, como número de grãos nos ramos (NGR), número de grãos na haste (NGH) e a produtividade (PROD).

Os dados, inicialmente foram submetidos à análise exploratória (estatística descritiva), com o objetivo de verificar a posição e dispersão dos dados, com o auxílio do programa PAST, (HARPER, 2001). Os parâmetros estatísticos determinados fora: mínimo, média, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação CV(%), de assimetria (Cs) e de curtose (Ck). Com base nos valores de CV(%) obtidos, a dispersão dos dados foi classificada em: baixa para CV <15 %; moderada, para CV de 15 a 35%; e alta, para CV >35% (WILDING e DREES, 1983, , Apud GHARTEY, 2011). Os valores de Ck, que expressam o achatamento da distribuição em relação a um padrão, que geralmente é a curva normal, foram classificados em: Ck =0 distribuição é

mesocúrtica,  $C_k < 0$  platicúrtica e  $C_k > 0$  leptocúrtica. Os valores de  $C_s$  que visam caracterizar quanto e como a distribuição de frequências se afasta da simetria, foram classificados em:  $C_s > 0$  distribuição assimétrica à direita;  $C_s < 0$  distribuição é assimétrica à esquerda; e  $C_s = 0$ , a distribuição é simétrica.

Verificou-se também, a existência de tendência central (normalidade) dos dados originais por meio do Teste W ( $p < 0,05$ ), sendo considerados como distribuição normal dos dados que obtiveram  $p$ -valor  $> 0,05$ .

A análise geoestatística foi realizada por meio de semivariogramas experimentais descritos por (VIEIRA, 2000), seguindo os modelos teóricos (esférico, exponencial, gaussiano e linear) que melhor se ajustaram para cada variável, utilizando-se o programa computacional Gamma Design Software – GS+ (ROBERTSON, 1998). O ajuste dos modelos foi realizado com base no melhor coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), contribuição ( $C_1$ ), patamar ( $C_0+C_1$ ) e alcance ( $a$ ). O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado por meio da equação:  $IDE = [C_0 / (C_0 + C_1)] * 100$ . Com base nos IDE, classificou-se o grau de dependência espacial (GDE) como: forte, para  $IDE \leq 25\%$ ; moderado, para IDE entre 25 e 75%; e fraco, para  $IDE > 75\%$  (CAMBARDELLA et al., 1994).

Depois de analisar e ajustar os semivariogramas foi realizada a interpolação por krigagem ordinária, levando-se em conta os parâmetros do semivariograma (modelo ajustado, efeito pepita, alcance e patamar) determinados pela análise geoestatística, utilizando o programa computacional Gamma Design Software – GS+ (ROBERTSON, 1998).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise estatística descritiva dos mapas para cada componente de rendimento da soja está descrita na (Tabela1). O NGR variou de 4 a 38, 9 grãos/planta, com um valor médio de 17,73 grãos/planta e apresentando um CV de 38,6 %, sendo esse o maior valor entre os mapas de componentes de rendimento, sendo então classificado como moderado (WILDING; DREES, 1983, Apud GHARTEY, 2011).

Tabela 1 – Estatística descritiva dos mapas dos componentes de rendimento número de grãos nos ramos, número de grãos na haste e produtividade da soja. Frederico Westphalen – RS.

Variável de rendimento	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	DP	$C_s$	$C_k$	W
NGR	4	17,73	38,9	34,6	6,8	0,51	0,38	0,12*
NGH	105,5	123,7	155,1	7,32	9,06	0,27	0,53	0,38*
PROD (Kg.ha <sup>-1</sup> )	3117,6 2	4441,9 1	6130, 29	13,32	591,7 2	0,41	0,13	0,28*

CV = Coeficiente de variação; DP = Desvio Padrão; CS = Coeficiente de assimetria; CK = Coeficiente de curtose; W = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: \* significativo em níveis de  $p < 0,05$ . Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é aceita.

O NGR variou de 105,5 a 155,1 grãos/planta, com um valor médio de 123,7 grãos/planta e apresentando um CV de 7,32 %, sendo o menor valor entre os mapas de componentes de rendimento, então classificado como baixo (WILDING; DREES, 1983, Apud GHARTEY, 2011).

E por último os valores de produtividade variaram entre 3227,62 a 6130,29 Kg.ha<sup>-1</sup>, com valor médio de 4441,91 Kg.ha<sup>-1</sup>, apresentando um CV de 13,32 %, sendo o CV intermediário entre os mapas de componentes de rendimento, classificado como baixo (WILDING; DREES, 1983, Apud GHARTEY, 2011).

Ambos os mapas de rendimento apresentaram distribuição normal dos dados, logo esses valores irão justificar os resultados para os coeficientes de assimetria e curtose próximos a zero, sendo 0,51 e 0,38 para NGR, 0,27 e 0,53 para NGH e 0,41 e 0,13 para a produtividade, respectivamente (Tabela1). Esses resultados de normalidade possibilitam uma melhor predição dos valores não amostrados, quando pensamos em utilizar esses dados na confecção de mapas utilizando as ferramentas de geoestatística (WEBSTER & OLIVER, 2007).

Assim, todas as variáveis analisadas demonstraram coeficiente de assimetria deslocado à direita ( $C_s > 0$ ) e coeficiente de curtose com distribuição leptocúrtica ( $C_k > 0$ ). Devido os dados serem próximos ao valor zero, as avaliações de assimetria e curtose podem ser consideradas simétricas e normais (MILONE, 2004).

A variabilidade espacial dos mapas para as variáveis de rendimento foi analisada a partir dos resultados da análise geoestatística (Tabela 2). Com os resultados das análises geoestatísticas verificou-se que, para todos os eventos de variáveis analisados nos mapas apresentaram estrutura de dependência espacial, o que permite a interpretação e projeção dos resultados com base nas estruturas das suas variabilidades (VIEIRA, 2000).

Tabela 2 – Análise geoestatística para os mapas dos componentes de rendimentos: número de grãos nos ramos, número de grãos na haste e produtividade da soja. Frederico Westphalen – RS.

VR	C <sub>0</sub>	(C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> )	C <sub>1</sub>	A	Modelo	r <sup>2</sup>	DE	
							IDE <sup>(1)</sup>	GDE <sup>(2)</sup>
NGR	0,021470	0,045340	0,02387	40	Exponencial	0,93	47,35	Moderado
NGH	0,017481	0,041991	0,02451	40	Linear	0,95	41,63	Moderado
PROD (Kg.ha <sup>-1</sup> )	0,018571	0,051084	0,032513	40	Linear	0,94	36,35	Moderado

VR: Variável de rendimento; C<sub>0</sub> : efeito pepita; (C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>): patamar; C<sub>1</sub>: contribuição; A: alcance (m); <sup>(1)</sup>IDE: índice de dependência espacial; <sup>(2)</sup>GDE: grau de dependência espacial.

Para os valores de alcance não houve diferença entre as variáveis analisa, onde todas mostraram um valor de 40 m. O mesmo ocorreu para o grau de dependência onde as variáveis apresentaram um valor moderado (Tabela 2). Os ajustes dos modelos lineares e exponencias para as variáveis também foram ajustados em trabalho realizado por Cherubin (2014), pois são os modelos utilizados para a elaboração do mapa de "Krigagem". O r<sup>2</sup> foi igual ou maior que 0,93, 0,95 e 0,94 para o NGR, NGH e para a Produtividade respectivamente.

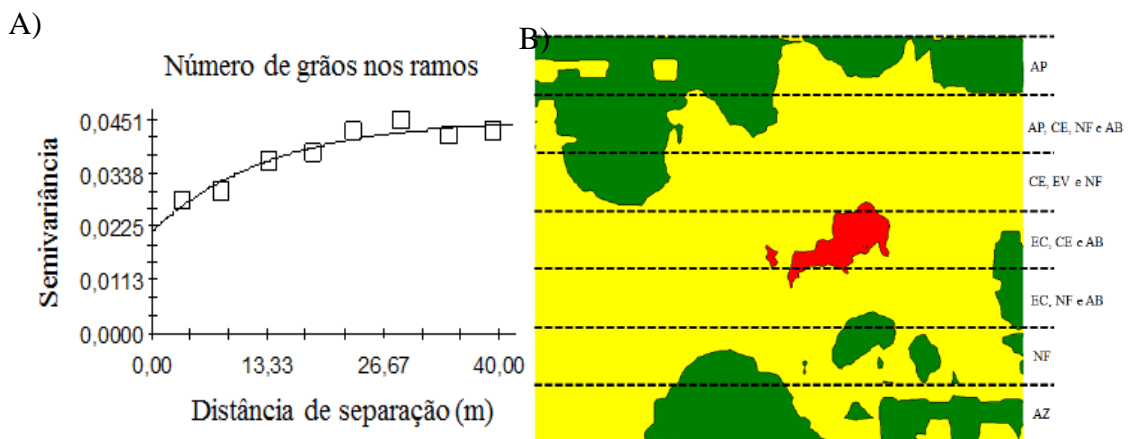
Os modelos preverão um possível patamar de 0,045, 0,041 e 0,051 para NGR, NGH e produtividades, respectivamente (Tabela2), porém esse resultado não é observado nos semivariogramas (Figura 2A, 3A e 4A), isso ocorre pois o gráfico devido a a ter um aumento linear de acordo com que ocorre um amento na distância entre os pontos, sendo assim, não definindo

um patamar absoluto para as variáveis (VIEIRA, 2000)

A distribuição espacial dos valores de NGR nos diferentes tratamentos são apresentados na (Figura 2B). Nota-se uma tendência de maior NGR nas partes externas do mapa, demonstrando resultados melhores nas faixas onde continha (T1) AP e (T7) AZ. Esses resultados se justificam devido à alta relação C/N de ambas as culturas, que como respostas a baixa decomposição, mantiveram uma maior quantidade de palha na superfície (GIACOMINI, 2003). Essa palha irá servir como cobertura dissipadora de radiação e assim diminuir a amplitude térmica do solo Bussiére & Cellier, (1994), com isso mantendo uma maior quantidade de água no solo (COSTA, et al., 2003).

Logo, os tratamentos (T2, T3, T4, T5 e T6) demonstraram uma certa homogeneidade entre os dados de NGR (Figura 2B), demonstrando que os diferentes consórcios apresentaram uma certa semelhança nas características da soja cultivada após o seu manejo. Debiasi, (2010), justifica esses resultados devido as plantas de cobertura como um todo, terem melhorado as características do solo, como descompactação e maior disponibilidade hídrica, fazendo com que os resultados dos tratamentos fossem mais homogêneos.

Figura 2 - Semivariograma ajustado para o número de grãos nos ramos (A), seguido do mapa interpolado por "Krigagem" (B) dividido em quatro classes de número de grãos nos ramos.

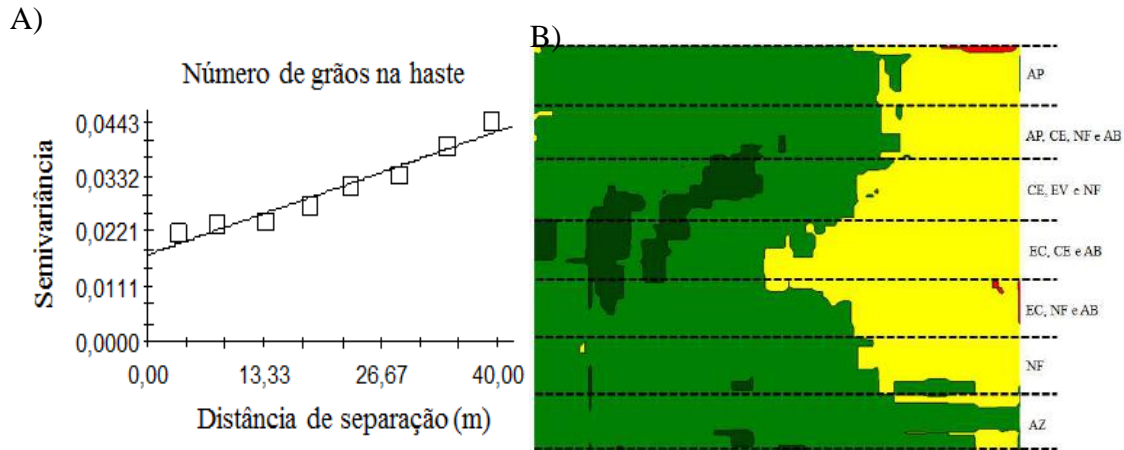


Já para os resultados de NGH (Figura 3B) a área do experimento demonstrou uma certa tendência onde mais de 50% da área apresenta apenas uma classe (>120) onde foi uma das três zonas que mais produziu essa variável analisada. Esse resultado justifica-se devido alguma zona de maior fertilidade dentro da área de coleta, podendo ser o fator principal de uma maior produção de NGH (CORASSA, 2018).

Outro fator que pode ter influenciado foi a disponibilidade hídrica, visto que a área possui em certo declive na região da maior zona do mapa, podendo ter maior acúmulo de água nesse ambiente e assim proporcionando uma maior produção de NGH (KADER, 2019).

A produtividade da soja demonstrou bastantes variações dentro da área amostrada, apresentando um mapa temático com três classes bem definidas, com variação expressiva entre 3000 a 5000 Kg.ha<sup>-1</sup> de soja (Figura 4).

Figura 3 - Semivariograma ajustado para o número de grãos na haste (A), seguido do mapa interpolado por "Krigagem" (B) dividido em quatro classes de número de grãos nos ramos.



A classe de produtividade em amarelo foi a que mais expressou a produtividade da área, ficando com uma maior quantidade de valores de produtividade nesse ambiente. De modo geral, sistemas com plantas de cobertura proporcionam uma maior produtividade da soja, devido a ciclagem de nutrientes e a disponibilidade destes para a cultura subsequente, tendo assim um efeito de melhor desenvolvimento, como no caso, a cultura da soja (ACOSTA, 2014).

Figura 4 - Semivariograma ajustado para a produtividade ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (A), seguido do mapa interpolado por "Krigagem" (B) dividido em quatro classes de número de grãos nos ramos.

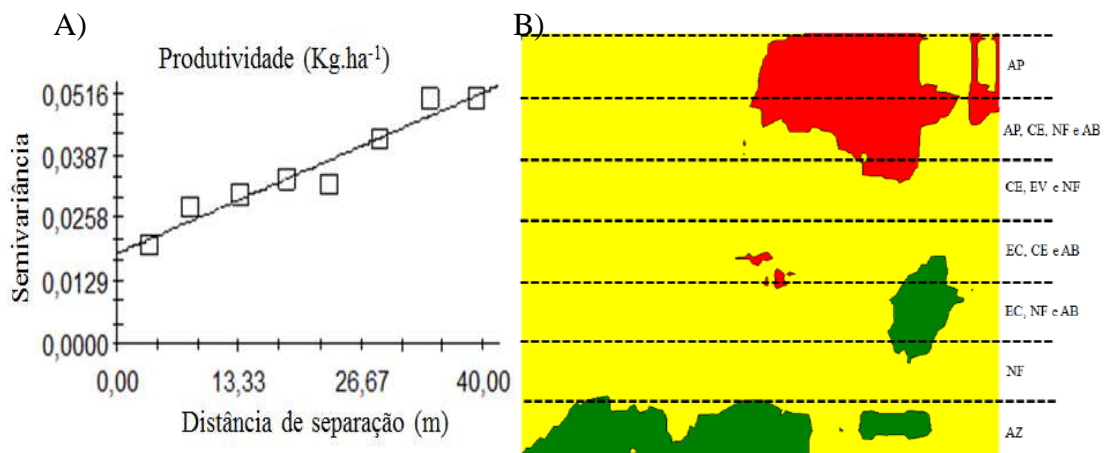
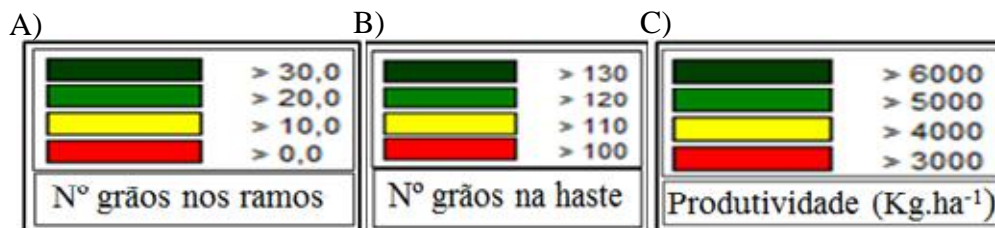


Figura 5 - Legenda dos mapas de "Krigagem" das figuras 2, 3 e 4. Sendo, (A) N° de grãos nos ramos, referente a letra (B) da figura 2. (B) N° de grãos na haste referente a letra (B) da figura 3. (C) produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) referente a letra (B) da figura 4.



#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o uso das ferramentas de agricultura de precisão juntamente com a geostatística pode ser aceita como uma forma de interpretação dos dados, tanto estatisticamente como visualmente, por meio de mapas temáticos produzidos a partir de krigagem.

Diferentes sistemas de cultivo podem proporcionar melhores resultados em componentes de rendimento da soja.

#### REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. A. et al. Decomposição de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.801-809, mai, 2014.
- BARNES, A. P. et al., Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers, **Land Use Policy**, v. 80, 2019, p.163-174. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.004>.
- BUSSIÉRE, F.; CELLIER, P. Modification of the soil temperature and water content regimes by a crop residue mulch: experiment and modeling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.68, p.1-28, 1994.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CARMO, E. L. et al. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, Brasil, v.17, 2018.
- CHERUBIN, M. R. et al. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.325-334, 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000200009.
- CORASSA, M. et al. Soil chemical attributes restricting grain yield in Oxisols under no-tillage



system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.53, n.11, p.1203-1212, Nov. 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018001100002

COSTA, F. S. et al., Propriedades físicas de um latossolo bruno afetado pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.527-535. 2003.

DEBIASI, H. et al. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.603-612, jun. 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353 p.

FERREIRA JUNIOR, J. A. et al. 2010. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **Revista Uberaba**, n.7, p.13-21, 2010.

GHARTEY, E. O. et al. Assessment of Variability in the Quality of an Acrisol under Different Land Use Systems in Ghana. **Open Journal of Soil Science**, v.2, p. 33-43. 2012.  
<http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2012.21006>.

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

HARPER, H.; RYAN, D. **PAST**: Pacote de software de estatísticas paleontológicas para educação e análise de dados. Paleontologia Electronica. 9pp. 2001

HORBE, T. A. N. Distribuição espacial de plantas na fileira e sua relação com a produtividade da cultura de milho. 2015. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

KADER, M. A. et al. Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (Glycine max) as affected by organic mulches, **Agricultural Water Management**, Volume 223, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105707>.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MILONE, G. **Estatística Geral e Aplicada**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PULIGHE, G; LUPIA, F. Mapping spatial patterns of urban agriculture in Rome (Italy) using Google Earth and web-mapping services, **Land Use Policy**, Volume 59, 2016, Pages 49-58, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.001>.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: geostatistics for the environmental sciences. Versão 5.03. Beta,

Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SANTOS, H. P. et al. Rendimento de grãos e características agronômicas de soja em função de sistemas de rotação de culturas. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.3, p.263 – 273, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS. **Núcleo Regional. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. RS/SC, 2016. 375p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. v.1, 352p. p. 1-54.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistics for Environmental Scientists**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007. 333p.

WILDING, L. P.; DREES, L. R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L. P.; SMECK, N. E.; HALL, G. F. (Eds). Pedogenesis and Soil Taxonomy - I. Concepts and Interactions. Amsterdam: **Elsevier**, p.83-116, 1983.

## **CORRELAÇÃO ENTRE OS PENETRÔMETROS MANUAL E AUTOMÁTICO NA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO**

### *Correlation between manual and automatic penetrometers in determining mechanical resistance penetration to Latossolo Vermelho*

Mariana Poll Moraes<sup>1</sup>, Fernanda Marcolan de Souza<sup>2</sup>, Antônio Luis Santi<sup>1</sup>, Claudir José Basso<sup>2</sup>, Jardel Pellegrin<sup>2</sup>, Ezequiel Zibetti Fornari<sup>1</sup>, Eduardo Pelegrini Bellé<sup>2</sup>, Anderson Werner<sup>2</sup>, Lucas Gaviraghi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LAPSUL- UFSM/FW, Rua Sete de Setembro, 98400000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, [maripollmoraes@gmail.com](mailto:maripollmoraes@gmail.com)

<sup>2</sup> Laboratório de Plantas de Lavoura- UFSM/FW, Rua Sete de Setembro, 98400000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, [fernanda22ms@gmail.com](mailto:fernanda22ms@gmail.com)

### **RESUMO**

A compactação do solo é um importante fator de manejo para as lavouras, uma vez que pode estar intrinsicamente ligada a qualidade física do solo e a produtividade. Assim, o objetivo deste estudo foi correlacionar o uso de dois tipos de penetrômetros, manual e automático, para avaliação da resistência mecânica do solo a penetração. O experimento foi conduzido em uma lavoura de 4 hectares, no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, onde as avaliações de resistência a penetração foram realizadas em sete camadas do perfil de solo, indo de 0,0 a 0,35 metros de profundidade. Com o presente estudo, foi possível concluir que tanto o uso do penetrômetro automático, quanto manual, obtiveram similaridade nos resultados, podendo-se usar qualquer um dos equipamentos para mensuração de resistência a penetração em um Latossolo Vermelho.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão. Solo. Penetrometria.

### **ABSTRACT**

Soil compaction is an important management factor for crop crops as it may be intrinsically linked to physical quality and productivity. Thus, the objective of this study was to correlate the use of two types of penetrometers: manual and automatic, to evaluate soil mechanical resistance to penetration. The experiment was carried out in a 4 hectare field in the municipality of Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, in a Latossolo Vermelho Distrófico típico, where penetration resistance evaluations were carried out in seven soil profile layers, ranging from 0.0 at 0.35 meters deep. With the present study, it was possible to conclude that the use of both automatic and manual penetrometer obtained similarity in the results, being possible to use any of the equipments for penetration resistance measurement in a Latossolo Vermelho.

**Keywords:** Precision agriculture. Soil. Penetrometry.

## 1 INTRODUÇÃO

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) porta-se como uma variável importante para caracterização do perfil, manejo e indicação da qualidade física do solo cultivado (ASSIS et al., 2014; RODRIGUES et al., 2012). Além disso, apresenta ampla utilização no Brasil para identificação de camadas compactadas no solo, sendo uma ferramenta menos onerosa e de fácil interpretação (ROSA, 2014).

Correspondente às propriedades físicas do solo, a RP pode ser determinada por meio de penetrômetro, aparelho que reflete o comportamento do solo quanto a compactação, conteúdo de argila, granulometria, teor de umidade e porosidade presentes no mesmo. Por meio da RP é possível diagnosticar as camadas, o grau e a profundidade da compactação no perfil, e assim se optar por manejos mais adequados para aquela condição (DRESCHER et al., 2012).

Quanto a compactação, esta é restritiva ao crescimento e distribuição do sistema radicular das plantas (GUIMARAES et al., 2016), gerando impacto na reorganização das partículas e agregados, o que por sua vez limita a adsorção, absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água e trocas gasosa, afetando a produtividade dos cultivos e acarretando prejuízos ao produtor (FREDDI et al., 2006).

De acordo com Arshad et al. (1996), os valores das classes de RP variam de extremamente baixa (< 0,01 MPa) à extremamente alta (> 8 MPa). Em revisão feita na literatura por Assis et al. (2014), valores de RP entre 2,8 e 3,2 MPa são capazes de retardar a elongação radicular e, ao atingir 4 MPa, não há mais crescimento de raízes. Ainda, conforme os autores, valores de RP superiores a 2,5 MPa restringem o pleno crescimento das raízes da maioria das plantas, onde valores acima de 3,5 MPa causa severa limitação ao crescimento de gramíneas.

Atualmente, existem vários tipos de penetrômetros utilizados para mensuração da RP, configurando-se dos mais simples, como os penetrômetros de impacto, que conferem indiretamente a RP, até os mais sofisticados e práticos, que armazenam os dados das coletas, como é o caso dos penetrômetros eletrônicos (VOGEL, et al., 2017) e automáticos.

Independentemente do modo de determinação usado para RP, a busca está relacionada à precisão, confiabilidade e otimização da interpretação destes dados, visando um manejo correto (VOGEL, et al., 2017). Consoante Roboredo et al. (2010), existe grande variação nas medições dos diferentes equipamentos, onde o penetrômetro de impacto foi 49% superior ao eletrônico na confiabilidade das informações para a mesma variável.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a correlação existente entre os penetrômetros manual e automático na mensuração da resistência do solo a penetração, em um Latossolo Vermelho Distrófico típico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no período compreendido entre os dias 17 e 18 de fevereiro de 2018, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006), localizado no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul. O clima da região é classificado como Cfa (subtropical), segundo critério de classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1881 mm e temperatura média em fevereiro de 23,3 ° C (ALVARES et al., 2013).

A área avaliada é manejada em Sistema Plantio Direto (SDP), correspondendo a uma

lavoura de 4 hectares. Antes das avaliações foi semeado e colhido milho e, posteriormente, semeado milheto. Quando o mesmo estava próximo ao estágio vegetativo V2 foram feitas as medições de RP.

As medições de RP foram realizadas após uma chuva, ou seja, o solo encontrava-se em sua capacidade de campo. Como as avaliações, tanto manual como automática, foram realizadas concomitantemente, não foi necessária a correção da umidade.

As avaliações da RP foram executadas com penetrômetro manual da marca Falker, denominado penetroLOG, como mostra a figura 1.

Figura 1. Penetrômetros utilizados para avaliação da resistência a penetração (RP).



Fonte: Adaptado de Falker (2019).

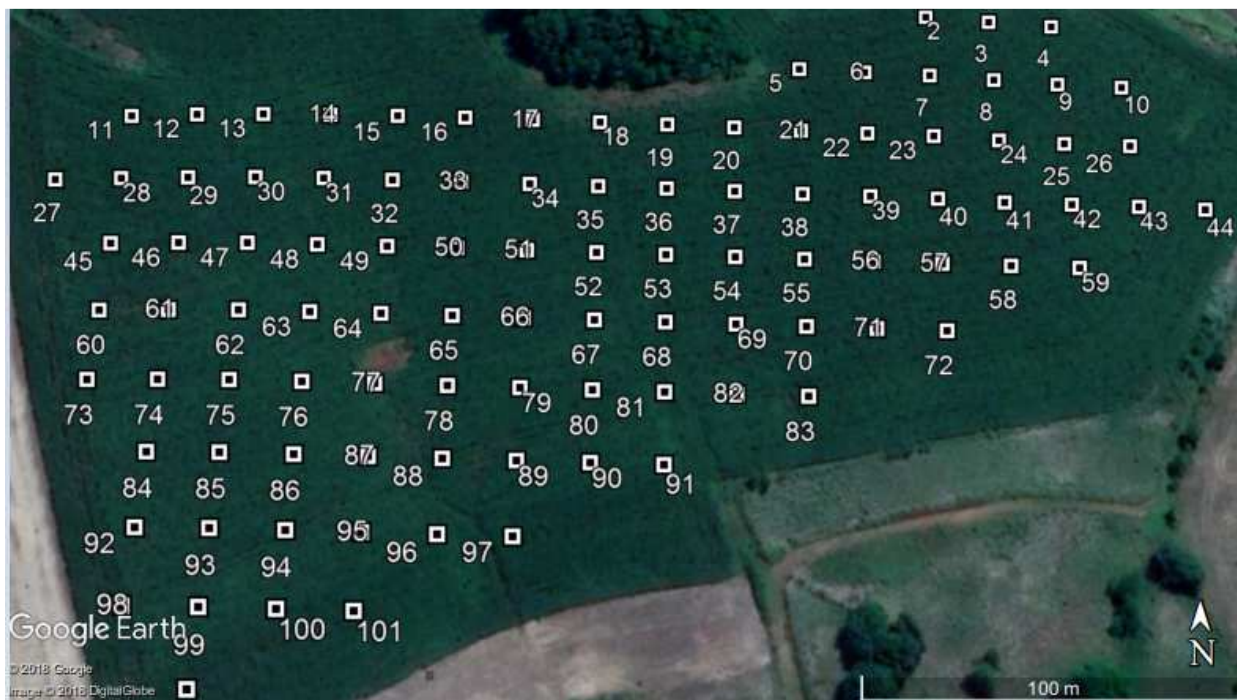
Consoante ao fabricante, o penetroLOG é um medidor eletrônico da compactação do solo, com acionamento manual, onde as medições podem ser armazenadas para análise no computador ou visualizadas instantaneamente. Já o penetrômetro automático, para as avaliações da RP, pertenciam ao tipo SoloTrak, de mesma marca que o anterior (Falker), como pode ser visualizado na figura 1.

Conforme o fabricante, trata-se de um equipamento com medição totalmente automatizada, precisando apenas que seu operador o leve ao local de interesse e inicie a medição. Todo o controle e medição são feitos pelo painel de comando eletrônico do SoloTrak, que possui conexão USB para leitura dos dados. Ambos os penetrômetros indicam em várias profundidades o valor de pressão correspondente à compactação do solo na camada avaliada (FALKER, 2019).

Foram feitas avaliações em 100 pontos de um grid de amostragem pré-estabelecido, como ilustrado na figura 2. Cada ponto possuía 20 metros quadrados, onde foram realizadas as leituras de 20 subamostras por ponto.

Os dados foram submetidos a análise de estatística descritiva e determinados os coeficientes de correlação de Pearson a 1% e 5% de probabilidade, com auxílio do software GENES (CRUZ, 2013).

Figura 2. Grid amostral utilizado para as avaliações da resistência a penetração (RP) na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, analisando-se as médias da resistência mecânica à penetração dos diferentes penetrômetros ao longo do perfil amostrado (0,0 a 0,35 m profundidade), a RP apresentou valores de médias máximas de 1,84 MPa para penetrômetro manual e 2,19 MPa para penetrômetro automático. Menezes (2018) também encontrou médias maiores de RP para o equipamento automático, do que para o equipamento manual, em um Latossolo Vermelho Eutroférico.

Pode-se ainda observar, que mesmo as médias avaliadas pelo penetrômetro automático serem maiores, na camada superficial (0,0 a 0,05 m) ocorre o oposto, quando comparada ao penetrômetro manual. Esses dados corroboram com o estudo de Leite et al. (2010) para área de contato no sistema pneu/solo em um Latossolo Vermelho Distrófico, onde a camada superficial também apresentou valores maiores de RP para o penetrômetro manual, invertendo para as demais camadas. A área de realização do experimento apresenta acentuado tráfego de máquinas agrícolas, o que reforça o fato da compactação maior em superfície, além de que a amostragem pode ter coincidido em locais de passagem do pneu.

Tabela 1. Estatística descritiva da resistência mecânica à penetração do solo pelo penetrômetro manual e penetrômetro automático (MPa), correlação pelo método de Pearson e significância da correlação entre os equipamentos.

Profundidade (m)	Manual	Automático	Correlação (Manual x Automático)	Probabilidade
	------(MPa)-----			
0,0- 0,5	1,12	0,95	0,43	0,0 **
0,5- 0,10	1,76	1,93	0,69	0,0 **
0,10- 0,15	1,84	2,04	0,84	0,0 **
0,15- 0,20	1,81	1,98	0,86	0,0 **
0,20- 0,25	1,73	1,91	0,84	0,0 **
0,25- 0,30	1,75	1,98	0,75	0,0 **
0,30- 0,35	1,79	2,19	0,01	90,9 ns
C.V (%)	14,23	16,86		
Desvio Padrão	0,22	0,30		

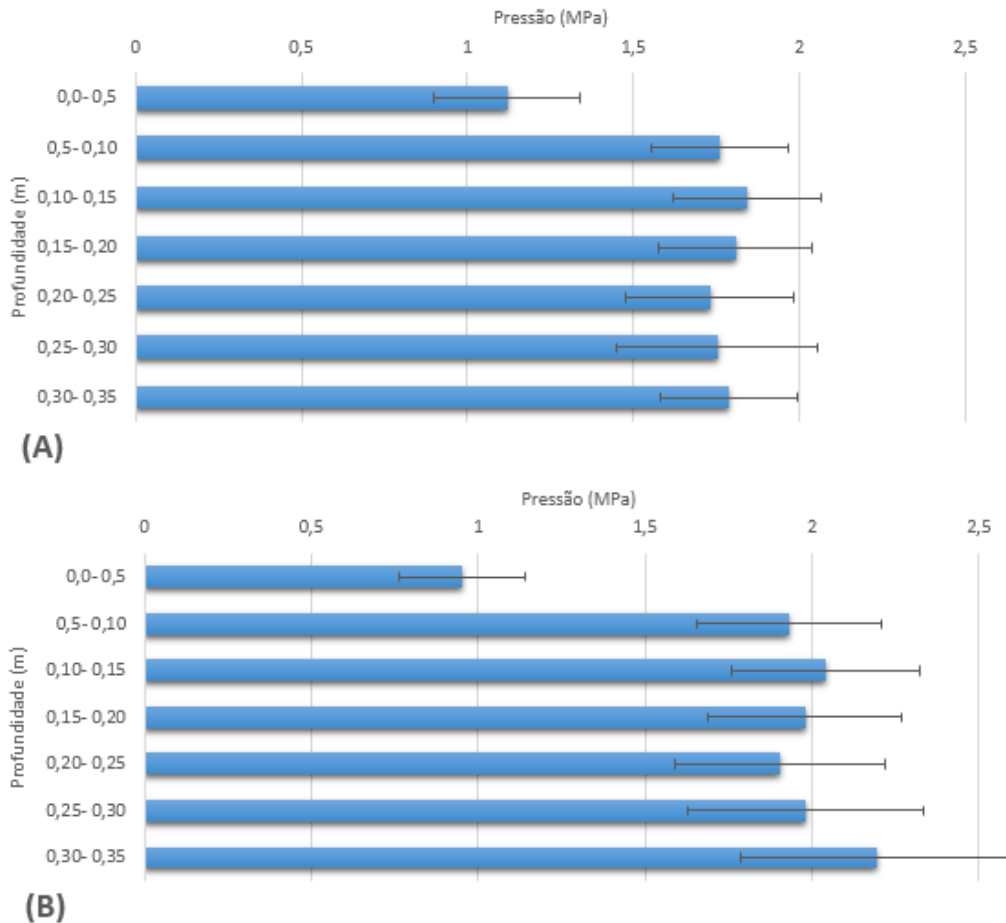
\*\* correlações significativas a 1% e 5% de probabilidade pelo Teste t; ns não significativo; C.V coeficiente de variação.

De acordo com Pimentel-Gomes (2000), a variabilidade dos atributos físicos pode ser classificada em: baixa ( $CV < 12\%$ ), média ( $12\% < CV < 60\%$ ) e alta ( $CV > 60\%$ ). No presente trabalho, os valores da RP apresentaram uma variabilidade consoante a esta escala, com valores na faixa “média” (14,23% e 16,86%) de variabilidade. Resultados semelhantes também foram encontrados por Vogel et al. (2017), isto é, RP com uma média variabilidade (12,3% a 19,2%).

Para os valores de correlação pelo método de Pearson, houve correlação significativa para as camadas entre os equipamentos, com aumento de correlação até a camada da profundidade de 0,20 a 0,25 m, diminuindo a partir desta. Este resultado demonstra que, até esta camada, pode-se fazer a amostragem com qualquer um dos dois tipos de penetrômetro. Para Vogel (2017), o penetrômetro manual e automático apresentaram boa similaridade nas avaliações da RP. Sousa et al. (2015), por sua vez, constataram que a resistência do solo à penetração pode ser mensurada por quaisquer dos instrumentos que foram avaliados. Menezes (2018), concluiu que penetrômetros diferentes são compatíveis entre si, desde que o solo esteja nas mesmas condições de umidade e com características similares entre si.

Como pode ser visualizado na Figura 3, os maiores valores significativos de RP foram observados na camada de 0,10 a 0,15 m, tanto para o equipamento manual, quanto para o equipamento automático. Roboredo (2005), em seu estudo, também averiguou que os maiores níveis de compactação no perfil encontravam-se nas camadas avaliadas próximo aos 0,15 m de profundidade. Consoante a este autor, isso se deve a consequência desta ser a camada mais afetada pelo uso contínuo das máquinas e implementos, por pressões geradas pelos rodados, com aumento da densidade do solo.

Figura 3. Resistência a penetração (RP) nas camadas de 0,0 a 0,35 metros, para penetrômetro manual (A) e penetrômetro automático (B), considerando-se o desvio padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4 CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado, conclui-se que houve correlação significativa entre os penetrômetros manual e automático até a camada anterior a última avaliada (0,30 a 0,35 m), inferindo que até a camada de 0,25 a 0,30 m a resistência do solo à penetração pode ser mensurada por quaisquer um dos equipamentos, dada a similaridade no comportamento.

#### REFERÊNCIAS

ASSIS, E. B.; NUNES, M. C. M.; BARELLI, M. A. A.; SEABRA JUNIOR, S.; SERAFIM, M. E. **Resistência à penetração em argissolo vermelho amarelo sob pousio e diferentes culturas de cobertura.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 1668, 2014.



ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, p.711-728, 2013.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. **Physical tests for monitoring soil quality**. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America, Madison, p. 123-141, 1996.

CRUZ, C. D. **GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. Acta Scientiarum, v.35, n.3, p.271-276. 2013.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. **Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 1836- 1844, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

FALKER. Disponível em: <<https://www.falker.net.br/index.php>> Acesso em: 10 set. 2019.

FREDDI, O. S.; MOREL, P. C.; VERONESI JUNUIO, V.; CARVALHO, G. J. **Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, n.1, p.113- 121, 2006.

GUIMARAES, E. V.; SILVA, B. M.; BATISTA, A. M.; ABREU DE MELO, M, L.; ARAUJO, G. S. S.; MOURA, M. S.; MOTA, P. K.; BORGHI, E. Resistência a penetração em um latossolo vermelho distrófico em fase inicial de estabelecimento de sistemas intensivos de cultivo de grãos. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, XXXI, 2016, Bento Gonçalves, 2016.

LEITE, F.; SANTOS, J. E. G.; LANÇAS, K. P. **Comparação da resistência do solo à penetração entre penetrômetro elétrico- eletrônico e penetrógrafo manual**. Cultivando o Saber, Cacavel, v. 3, n. 1, p. 32- 39, 2010.

MENEZES, T. A. V. **Comparação entre três penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo a penetração de um latossolo vermelho eutroférico**. 2018. 43 f. Dissertação de Engenharia em Sistemas Agrícolas. ESALQ/USP, Piracicaba, 2018.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 14. ed. Editora F. Pimentel-Gomes, 2000.

ROBOREDO, D.; MAIA, J. C. S.; OLIVEIRA, O. J.; ROQUE, C. G. **Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um Latossolo vermelho distrófico**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.2, p.308-314, 2010.

ROBOREDO, D. **Resistência mecânica do solo a penetração utilizando dois penetrômetros em um latossolo vermelho de Mato Grosso.** 2005. 77 f. Dissertação em Agricultura Tropical. UFMS, Cuiabá, 2005.

ROSA, R. P. **Resistência do solo a penetração em diferentes velocidades e áreas de base do cone.** 2014. 41 f. Dissertação em Agricultura Tropical. UFMG, Cuiabá, 2014.

RODRIGUES, V. A.; MASIERO, F. C.; DARONCO, C.; NAVARRO, E. C.; CARVALHO, J. L. **Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração na microbacia "D" Núcleo Cunha-SP.** Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, Garça, v. 20, n. 1, p. 10- 18, 2012.

SOUSA, L. F. R. A; MENEZES, A. S.; LIMA JUNIOR, J. C.; LOBATO, M. G. R.; CHAVES, A. F.; ALENCAR, T. L. Avaliação de penetrômetros na medição da resistência do solo à penetração. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, XXXV, 2015, Natal, 2015.**

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; GRILLO, J.F.; MICHALOVICZ, L.; FEYS, R. **Avaliação dos penetrômetros de impacto e eletrônico na determinação da resistência mecânica a penetração do solo.** Revista Scientia Agraria, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 30- 36, 2017.

VOGEL, G.F. **Comparação dos penetrômetros de impacto e eletrônico na avaliação da resistência mecânica a penetração do solo.** 2017. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. UFFS, Laranjeiras do Sul, 2017.

## UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO NA DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO

### *Use of precision farming tools to define management zones*

Eduardo Somavilla Manfio<sup>1</sup>, Antônio Luis Santi<sup>2</sup>, Leonardo Burin Cocco<sup>1</sup>, Mariana Poll Moraes<sup>1</sup>, Henrique Luiz Santi Schmatz<sup>1</sup>, Taiana Cezar Milani<sup>1</sup>, Alexandre Wahlbrinck Volz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Faguense, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, [eduardomanfio99@gmail.com](mailto:eduardomanfio99@gmail.com); [leonardoburincocco@yahoo.com.br](mailto:leonardoburincocco@yahoo.com.br); [maripollmoraes@gmail.com](mailto:maripollmoraes@gmail.com); [henriquesanti777@gmail.com](mailto:henriquesanti777@gmail.com); [taiana\\_milani@hotmail.com](mailto:taiana_milani@hotmail.com); [alevolz@gmail.com](mailto:alevolz@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Sete de Setembro, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, [santi\\_pratica@yahoo.com.br](mailto:santi_pratica@yahoo.com.br)

### RESUMO

A agricultura de precisão (AP) surge como uma ferramenta permitindo manejar de forma racional a variabilidade espacial e temporal dos atributos químicos do solo, com objetivo de maximizar eficientemente o uso das áreas agrícolas. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de ferramentas de AP na definição de zonas de manejo. O trabalho foi conduzido com a cultura do milho (*Zea mays* L.) onde foi realizado coleta de informações dentre elas massa seca e de solo, seguido de avaliação da produtividade e altitude, numa malha amostral de 0,5 ha, totalizando 32 pontos na área experimental, em sobreposição a isso, foi comparado os dados obtidos com imagens de satélite. As imagens de satélite Landsat (NDVI) foram processadas, possibilitando a confecção de mapa de produtividade e a definição de zonas de manejo da área. Entre os diferentes métodos avaliados na definição das diferentes zonas de manejo, houve semelhança entre as zonas de massa seca da cultura de cobertura e produtividade com zona de altitude, e NDVI. A utilização de imagens de satélites possibilitou a delimitação de diferentes zonas de manejo.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Imagens de Satélite. Zonas de Manejo

### ABSTRACT

Precision agriculture (AP) appears as a permissible tool to manage rationally the spatial and temporal variability of soil chemical attributes in order to effectively maximize the use of agricultural areas. Thus, the study aimed to evaluate the use of PA tools in the definition of management zones. The work was conducted with corn (*Zea mays* L.) crop where data was collected as dry mass and soil, followed by evaluation of productivity and altitude in a 0.5 ha sampling grid, totaling 32 points in the experimental area, and in addition to that, we compared the data obtained with satellite images. Landsat satellite images (NDVI) were processed, making it possible to produce a productivity map and define management zones of the area. Among the different methods evaluated in the definition of the different management zones, there was similarity between the cover crop dry mass zones and the productivity with the altitude zone, and NDVI. The use of satellite images was efficient to delineate different management zones.

**Keywords:** Precision agriculture. Satellite imagery. Management Zones

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão (AP) surgiu no contexto da atividade agrícola no final do século passado, graças ao desenvolvimento e disponibilidade de algumas tecnologias, entre as quais, o sistema de posicionamento global (GPS), os sensores de produtividade, técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de aplicações de insumos a taxas variáveis. Recentemente essas tecnologias embarcadas em máquinas e equipamentos, têm permitido a obtenção de mapas de produtividade, aplicações de fertilizantes, corretivos à taxa variável e um conhecimento detalhado da lavoura (AMADO; SANTI, 2007). A partir de então, o monitoramento da produtividade através de mapas obtidos por meio de colhedoras equipadas com antena GPS e sensores eletrônicos para medição de fluxo de massa e teor de umidade de grãos, está sendo utilizado como fonte de informação e diagnóstico das condições de produção das áreas de cultivo. A utilização dessas ferramentas de AP por parte dos produtores rurais, ocorre pela busca da máxima eficiência gerencial da propriedade.

O mapa de produtividade, também denominado mapa de colheita é uma importante ferramenta da AP, pois auxilia na identificação e quantificação da variabilidade da produtividade das culturas, auxiliando nos processos investigativos na lavoura e no seu gerenciamento (HAN et al., 1994). Para Moore (1998) o mapa de produtividade é um dos métodos mais concisos para se estimar a heterogeneidade da área. Molin (2003) também destacou o mapa de colheita como o ponto de partida que muitos usuários e pesquisadores devem tomar para evidenciar unidades de alta e baixa produtividade. Para Molin (2000), os mapas de colheita fazem parte de uma etapa de aprendizagem para o agricultor e os que o cercam nessa tarefa. A análise de uma sequência de mapas de produtividade, nesse caso, pode ser uma forma de definir tais unidades de manejo em uma área e possibilitar a compreensão, o acompanhamento e a análise das possíveis causas e fatores que influenciam essa variabilidade durante safras seguidas (FRAISSE, 2006)

É importante destacar a importância da evolução em buscar ferramentas e alternativas para a definição de zonas de manejo com o uso de imagens de satélites, visando ir ao encontro da eficiência do manejo das culturas com técnicas de agricultura de precisão permitindo interpretar situações semelhantes de forma diferenciada.

Nos últimos anos, têm ganhado destaque os estudos sobre parametrização de atributos morfológicos dos dosséis vegetais, feitos com métodos baseados nas propriedades ópticas das plantas. Desta forma diversos índices gerados pela combinação de valores de refletância entre bandas espectrais específicas vêm sendo utilizados, como indicadores da quantidade de vegetação e 108 outros atributos dos dosséis, sendo o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), o mais conhecido (OLLINGER, 2011; SIMÕES et al., 2015).

Com base nisso o objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de ferramentas de agricultura de precisão na definição de zonas de manejo, podendo com as mesmas identificar as zonas de alta, média e baixa produtividade dentro de uma mesma área de produção.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante o ano agrícola de 2014/2015, na região central do Rio Grande do Sul, município de Júlio de Castilhos, numa propriedade localizada na latitude 29°03'56,9" S e longitude 53°32'36,2" O, e altitude média de 408 metros. A área apresenta relevo suavemente ondulado e o clima da região é do tipo Cfa segundo a classificação de Koeppen

(MORENO, 1961). O solo do local é classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico úmbrico (EMBRAPA, 2013). A semeadura do milho (*Zea mays* L.) foi realizada no sistema plantio direto. Quando necessário foi realizado o controle das ervas daninhas e pragas.

Primeiramente foi realizada a demarcação da área experimental com o auxílio de um GPS Garmin percorrendo o perímetro, e posteriormente aferido à área o grid amostral (0,5 ha) através do software CR Campeiro, Figura 1.

Figura 1 – Contorno e grade amostral dos pontos de realização das coletas de solo, massa seca da resteva e produtividade do milho da área experimental. Júlio de Castilhos/ RS



Fonte: Adaptado do Google Earth

A avaliação da produção de massa seca de aveia branca (*Avena sativa* L.) + nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), no inverno, antecedendo a cultura do milho, foi constituída de amostra 0,25 x 0,25 m (0,0625 m<sup>2</sup>) em 3 sub-amostras entorno de 5 metros do ponto georreferenciado.

A amostragem de solo foi realizada após o manejo (rolagem) da aveia branca + nabo forrageiro, na mesma malha amostral de 0,5 ha, com pá-de-corte em uma profundidade de 0-15 cm, totalizando 5 sub-amostras num raio de 5 m ao redor do ponto central.

A avaliação da produtividade de grãos de milho foi realizada na mesma malha amostral (0,5 ha), de forma manual, colhendo-se as espigas de 2 linhas de milho, espaçadas de 0,45 m e 3 m de comprimento (2,7 m<sup>2</sup>), com 3 sub-amostras num raio de 3m ao redor do ponto georreferenciado.

Utilizando-se dos 32 pontos de coleta de dados, foram gerados mapas de produção de massa seca da aveia branca + nabo forrageiro, produtividade de grãos de milho e altitude com software CR Campeiro. Para o mapa de altitude a única alteração aos demais foi utilizado os dados de um GPS de pulverização. Para os mapas de zonas de manejos foram relativizados os

dados segundo os critérios propostos por Molin (2002), onde os pontos com valores iguais ou superiores a 105% da média geral de produtividade da lavoura constituíram a classe de alta produtividade, os pontos com 95% a 105% da média constituíram a classe de média produtividade e os pontos com 95% ou menos que a média da lavoura, a classe de baixa produtividade, adaptado em 5 classes para identificar as zonas de transição entre as zonas de baixa menor 90% da média do rendimento relativo (RL); zona média-baixa 90-95% do RL; zona média 95-105% do RL; zona média-alta 105-110% do RL; e zona alta maior que 110% do RL.

As imagens de satélite foram obtidas e processadas através de metodologia desenvolvida pela Empresa GeoAgro (Argentina) que através de parceria com a Empresa Plantec Engenharia Agrônômica Ltda. de Vacaria, RS, disponibilizou mapas por ambiente da área experimental. O ponto de partida da metodologia GeoAgro, denominada Solução AP, é a confecção do mapa de produtividade, que com base em imagens de satélite e índices verde históricos, produz uma hipótese de zonas de manejo da área.

As imagens após processadas originam um mapa de produtividade que tem objetivo de determinar a variabilidade do local por análise de cluster de índice de vegetação mais difundida (NDVI). Para obtenção das imagens com as respectivas informações desejadas foi necessário enviar informações da área desejada (contorno ou pontos georreferenciados) e o intervalo de cultivo de cada cultura desejada. Para o experimento foram coletadas informações de 21 imagens de satélites, as quais representam as diferentes fases do desenvolvimento das culturas utilizadas nas últimas safras. Entretanto, foram usadas somente 2 imagens para formar a zona de manejo, as quais representaram, segundo critérios adotados pela Empresa GeoAgro através de análises a maior expressão da variabilidade.

O tratamento dos dados obtidos a campo foi através do programa CR Campeiro (GIOTTO et al., 2004) na geração dos mapas da produção de massa seca da aveia branca+nabo forrageiro, produtividade de grãos de milho, altitude da área e zonas de manejo. Já as imagens de satélite e zonas de manejo foram realizados por programas da Empresa GeoAgro (Software GIS).

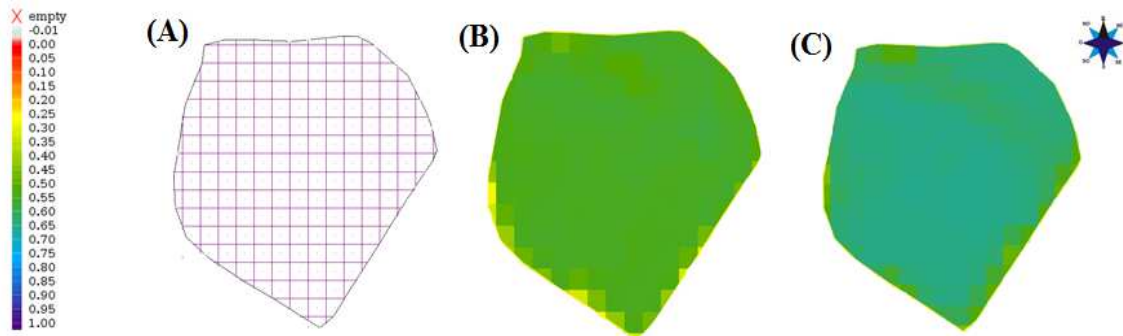
### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO ATRAVÉS IMAGENS DE SATÉLITES**

Ao ter as diferentes camadas definidas como padrão pode-se agrupá-las (análise de cluster), o que nos leva a obter uma síntese da informação apresentada no mapa de produtividade. A imagem composta foi classificada de acordo com o método de classificação não supervisionada implementado no módulo cluster, que é uma variante especial de uma técnica de análise de agrupamento de Picos de Histograma por Eastman (1999, apud RICHARDS, 1993).

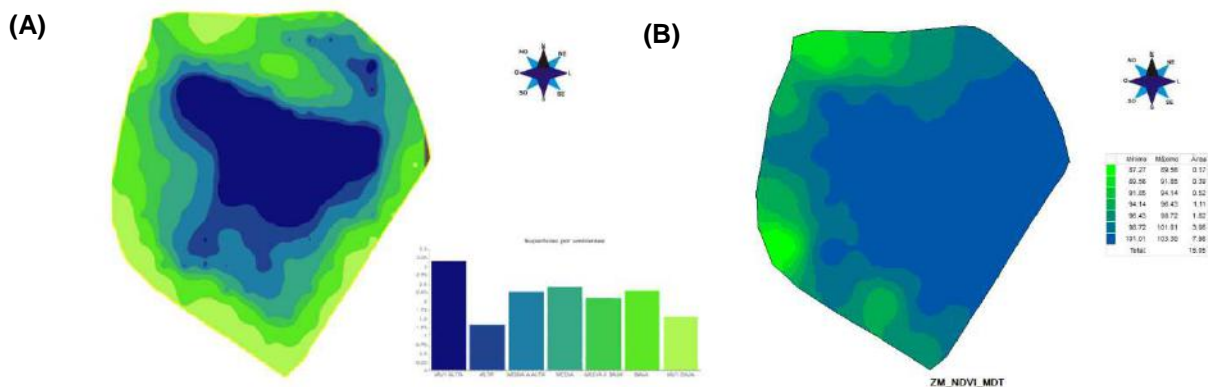
Após identificação da relação de variação da imagem do satélite é possível realizar um mapa de produtividade ou zona de manejo (figura 3 - A) entre diferentes imagens geradas com o mesmo desempenho vegetal ou com diferentes índices, sendo gerado individualmente zonas de alto ou baixo desempenho realizada pela GeoAgro. Também foi gerado zona de manejo pelo rendimento relativo no programa CR Campeiro em grid amostral (dividida em 7 classes para comparação com a zona da GeoAgro) a partir das mesmas imagens de satélites (figura 3 - B).

Figura 2 – Quadricula utilizada na padronização das imagens de satélite (A) e os respectivos mapas de NDVI fornecida pela empresa GeoAgro na cultura do milho em 05/12/2014 (B) e na cultura da soja em 19/01/2014 (C) da área experimental. Júlio de Castilhos, RS



Santos et al. (2001) reforçam a ideia de que um único ano safra de milho, não deve ser usado para a definição de zonas de rendimento de grãos e que a análise temporal de diversos mapas é o meio mais propício para a análise de tendências.

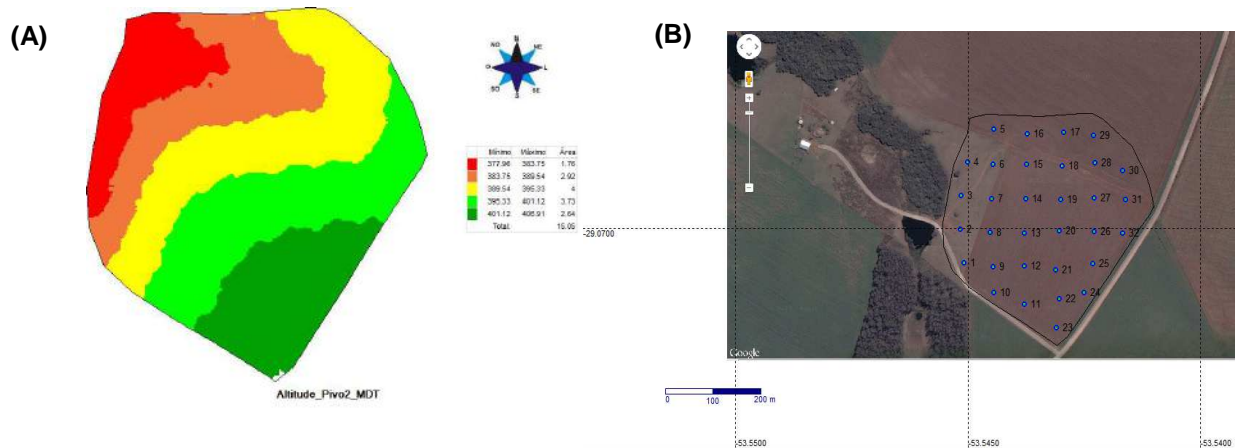
Figura 3 – Definição da zona de manejo fornecida pela empresa GeoAgro (A) e zona de manejo pelo rendimento relativo em grid amostral pelo CR Campeiro (B). Júlio de Castilhos, RS.



### 3.2 DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO ATRAVÉS ALTITUDE

Como pode-se observar (Figura 4) o contorno, grade amostral e definição de zona de manejo pela altitude, observar-se (figura 4 – A) que entre os pontos (05, 06, 16, 15, 18, 28, 27, 30 e 31) destaca-se um fluxo preferencial de água da área experimental, devido ao deslocamento de água proveniente da estrada. Li et al. (2001), os quais verificaram menores produtividade de algodão e menor absorção de nitrogênio em posições mais elevadas da paisagem, onde os solos exibiram maior suscetibilidade de perda de água e nutrientes por erosão.

Figura 4 – Contorno e grade amostral dos pontos de amostragem (A) e definição da zona manejo pela altitude (B) da área experimental. Júlio de Castilhos, RS



Portanto, o mapa temático de altitude observa-se curvas de nivelamento da altitude caracterizando esse fluxo preferencial de água, servindo como ferramenta alternativa para discussões e observações na variabilidade das zonas de manejo. Conforme Mulla e Bhatti (1997), geralmente as sub-regiões delimitadas por classes de produtividade associaram-se a diferentes posições no relevo.

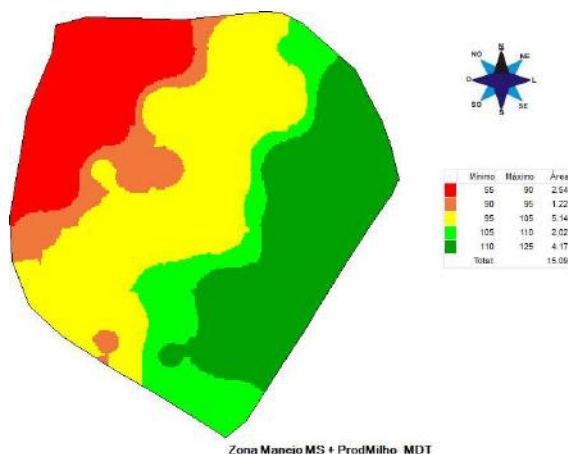
Na zona de baixa produtividade houve a diminuição na altitude, demonstrando que há diferença da altitude com as zona de média produtividade e alta produtividade. A maior sensibilidade dessas zonas pode estar atribuída a limitações nas taxas de infiltração de água no solo (Santi et al., 2012).

### 3.3 DEFINIÇÃO ZONAS DE MANEJO ATRAVÉS MASSA SECA E PRODUTIVIDADE DE MILHO

A principal aplicação dos mapas é melhorar a produtividade no conhecimento da variabilidade das áreas com informações georreferenciadas, possibilitando de alguma forma que possa ser realizada a recomendação e aplicação de produtos da forma mais eficiente possível e no local correto. Após a eliminação de dados irreais, para o estudo da variabilidade espacial e temporal, os dados foram relativizados por classes de produtividade na definição da zona de manejo da massa seca e produtividade de milho (Figura 5), segundo os critérios propostos por Molin (2002) permitindo relativizar a produtividade.



Figura 5 – Definição da zona manejo pela média do rendimento relativo da massa seca da aveia branca+nabo forrageiro e produtividade de grãos de milho da área experimental. Júlio de Castilhos, RS.



O mapa de produtividade é uma excelente ferramenta para a compreensão da variabilidade da unidade de massa ou de gestão a partir de técnicas de informação. Conforme Santi (2007, apud CORASSA, 2015, p. 32), por sua vez definiram zonas a partir da análise sequencial de três e seis mapas de colheita, respectivamente, porém de culturas alternadas, assim como Horbe et al. (2013) que definiram zonas de produtividade a partir de sete mapas de soja e dois de milho.

#### 4 CONCLUSÃO

A utilização de imagens de satélites possibilitou a garantia da avaliação de diferentes ambientes de desenvolvimento (zonas de manejo) e uma ferramenta de evolução para a agricultura de precisão.

#### REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L. AP aplicada ao aprimoramento do manejo do solo. In: FIORIN, J. E. (Coord.) **Manejo e fertilidade do solo no sistema de plantio direto**. Cruz Alta; Fundacep, Cruz Alta 2007.

CORASSA, G. M. **Manejo por ambiente: atributos de solo e desempenho de cultivares de soja**. Frederico Westphalen: UFSM-CESNORS. 2015, p. 32. Dissertação Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2015.

EASTMAN, J. R. **IDRISI32** – Guide to GIS and image processing. Massachusetts, Clark University, v. 2, 1999. 169p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de**

**Classificação de Solo.** 3. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura do Milho, importância.** 7. ed. set. 2011. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_7ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/index.htm)>.

FRAISSE, C. **Agricultura de Precisão:** tecnologia ao alcance de todos. Disponível em: <<http://www.agriculturade precisão.com.br>>.

GIOTTO, L.; ROBAINA, A. D.; SULZBACH, L. A Agricultura de Precisão como o Sistema CR Campeiro5, **Manual do Usuário.** 330 p, 2004.

HAN, S.; HUMMEL, J. W.; GOERING, C. E.; CAHN, M. D. Cell size selection for site-specific crop management. Transactions of the ASAE, v. 37, n. 1, p. 19-26, jan./feb. 1994.

HORBE, T. A. N.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; ALBA, P. J. Optimization of Corn Plant Population According to Management Zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 14, p. 450-465, 2013.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão – O gerenciamento da variabilidade.** Piracicaba/SP, 2001 – reimpressão, 83p. 2003.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, jan.2002.

MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. **Agricultura de Precisão.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 237-258, 2000.

MOORE, M. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management.** 379p. 1998. Thesis (Doctorate) - Silsoe College, Cranfield University, Warwick, 1998.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46p.

MULLA, D. J.; BHATTI, A. U. An evaluation of indicator properties affecting spatial patterns in N and P requirements for winter wheat yield. In: STAFFORD, J. V. (Ed.), Precision Agriculture 97, European Conference on Precision Agriculture, 1, 1997. Warwick. Proceedings... Oxford: **BIOS Scientific Publishers**, 1997. p. 145-53.

OLLINGER, S. V. **Sources of variability in canopy reflectance and the convergente properties of plants.** New Phytologist, v. 189, p. 375-394, 2011.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; SILVA, V. R.; BASSO, C. J.; DELLA FLORA, L. P.; CHERUBIN, M.

R; EITELWEIN, M. T. **Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois Latossolos manejados com agricultura de precisão.** Interciencia, v. 37, n. 3, p. 204-208, 2012.  
<[http://www.interciencia.org/v37\\_03/indexp.html](http://www.interciencia.org/v37_03/indexp.html)>.

SANTOS, A. O.; MAZIERO, J. V. G.; CAVALLI, A. C.; VALERIANO, M. M.; OLIVEIRA, H.; MORAES, J. F. L.; YANAI, K. **Monitoramento localizado da produtividade de milho cultivado sob irrigação.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 1, p. 88-95, 2001.

---

# DISTRIBUIÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES E ZONAS DE PRODUTIVIDADE

*Distribution of soil chemical attributes in different depths and productivity  
zones*

Jonas Lorençon<sup>1</sup>, Luciano Zucuni Pes<sup>2</sup>, Jéssica Rodrigues da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [jonaslorencon@hotmail.com](mailto:jonaslorencon@hotmail.com)

<sup>2</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [lucianopes@politecnico.ufsm.br](mailto:lucianopes@politecnico.ufsm.br)

<sup>3</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [jrs8426@yahoo.com.br](mailto:jrs8426@yahoo.com.br)

## RESUMO

A Agricultura de Precisão é uma ferramenta de gerenciamento agrícola que se fundamenta no registro georreferenciado de informações de solo e de culturas. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a distribuição dos atributos químicos do solo em diferentes profundidades e zonas de potenciais produtivos. A área experimental localiza-se no município de Coxilha (RS), onde foram gerados mapas de produtividade de cinco safras, sendo esses agrupados em um único mapa. Na sequência foram realizadas amostragens de solo nas zona de baixa e alta produtividade em 5 pontos georreferenciados em cada zona, nas seguintes profundidades: 0 a 0,05; 0,05 a 0,1; 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3; 0,3 a 0,4; 0,4 a 0,5; 0,5 a 0,6; 0,6 a 0,8 e 0,8 a 1 m. Neste trabalho foram estudadas as variáveis saturação de bases, saturação de alumínio, pH, matéria orgânica, fósforo, potássio e enxofre. As maiores produtividades da zona de alta podem ser explicadas pelos maiores valores de pH, saturação de bases e enxofre em todas profundidades, menor saturação por alumínio na camada de 0,5 a 1,0 m de profundidade e maior disponibilidade de fósforo nas camadas superficiais.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Distribuição de nutrientes em profundidade. Zonas de potencial produtivo.

## ABSTRACT

Precision Agriculture is an agricultural management tool based on the georeferenced record of soil and crop information. The objective of this work was to evaluate the distribution of soil chemical attributes in different depths and zones of productive potentials. The experimental area is located at Coxilha City (RS), where yield maps of five crops were generated, which were grouped in a single map. Subsequently, soil samples were taken in the low and high productivity zones at 5 georeferenced points in each zone, at the following depths: 0 to 0.05; 0.05 to 0.1; 0.1 to 0.2; 0.2 to 0.3; 0.3 to 0.4; 0.4 to 0.5; 0.5 to 0.6; 0.6 to 0.8 and 0.8 to 1 m. In this work we studied base saturation, aluminum saturation, pH, organic matter, phosphorus, potassium and sulfur variables. The higher yields of the high zone can be explained by the higher values of pH, base and sulfur saturation at all depths, lower aluminum saturation in the 0.5 to 1.0 m depth layer and higher phosphorus availability in the superficial layers.

**Keywords:** Precision agriculture. Deep nutrient distribution. Productive potential zones.

## 1 INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação para o tratamento da variabilidade espacial. E pode ser entendida como um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (GEBBERS; ADAMCHUK, 2010). Queiroz et al. (2000) afirmam que a Agricultura de Precisão é a tecnologia cujo objetivo consiste em aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de áreas na agricultura. A tecnologia, que se encontra em constante desenvolvimento, modifica as técnicas existentes e incorpora novas técnicas que fornecem ferramentas aos especialistas em manejo agrícola. Portanto, a AP é um instrumento de gerenciamento agrícola que parte do registro georreferenciado de informações de solo e de culturas, completando-se com intervenções de manejo localizado (AMADO; SANTI, 2007).

Os sistemas de medição de produtividade, de posicionamento e de aquisição de dados são considerados essenciais para o mapeamento de produtividade (WAGNER; SCHROCK, 1989). Para Queiroz et al. (2000), os mapas de produtividade podem ser utilizados como o ponto de partida para avaliar as causas da variabilidade de produtividade, bem como verificar as causas passíveis de modificação e as respostas econômicas e de impacto ambiental que o sistema de manejo, em locais específicos, pode trazer.

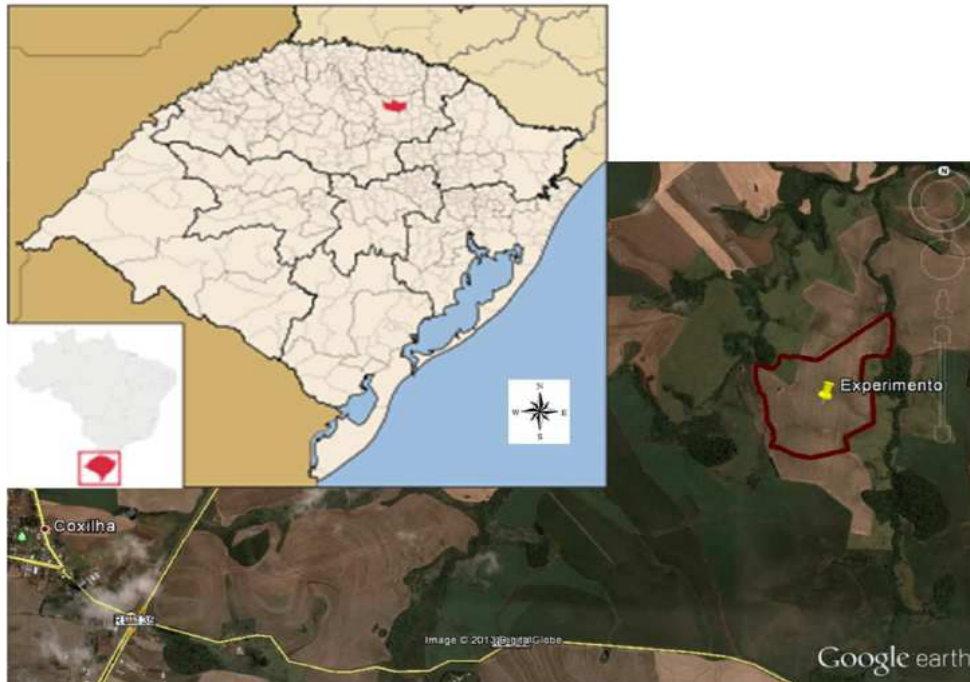
Do ponto de vista da fertilidade do solo, Schindwein e Anghioni (2000) afirmam que no sistema plantio direto (SPD), onde a aplicação de insumos é realizada em linhas, na subsuperfície do solo, ou a lanço, na superfície, aliado a deposição superficial de resíduos culturais que alteram a taxa de decomposição da matéria orgânica e a liberação dos nutrientes, pode haver favorecimento da ocorrência de gradientes de atributos químicos, a partir da superfície em direção as camadas mais profundas do solo. Este processo se intensifica com o tempo de cultivo. A formação de gradiente de atributos químicos no perfil do solo acarreta dificuldades para definir as profundidades de amostragem em SPD, que expressem verdadeiramente o estado de fertilidade dos solos. Além disto, podem induzir a concentração de raízes nas primeiras camadas de solo, agravando o efeito de possíveis déficits hídricos.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a distribuição dos atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em zonas de baixa e alta produtividade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, no município de Coxilha (Figura 1), coordenadas geográficas latitude 28°06'54,72", longitude 52°14'44,50" e altitude de 720 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2018), com plantio direto consolidado e estabelecido há mais de 15 anos, onde é cultivado soja, trigo e milho. Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o clima da região é o subtropical úmido (Cfa).

Figura 1 - Localização do município de Coxilha (RS) e da área experimental.



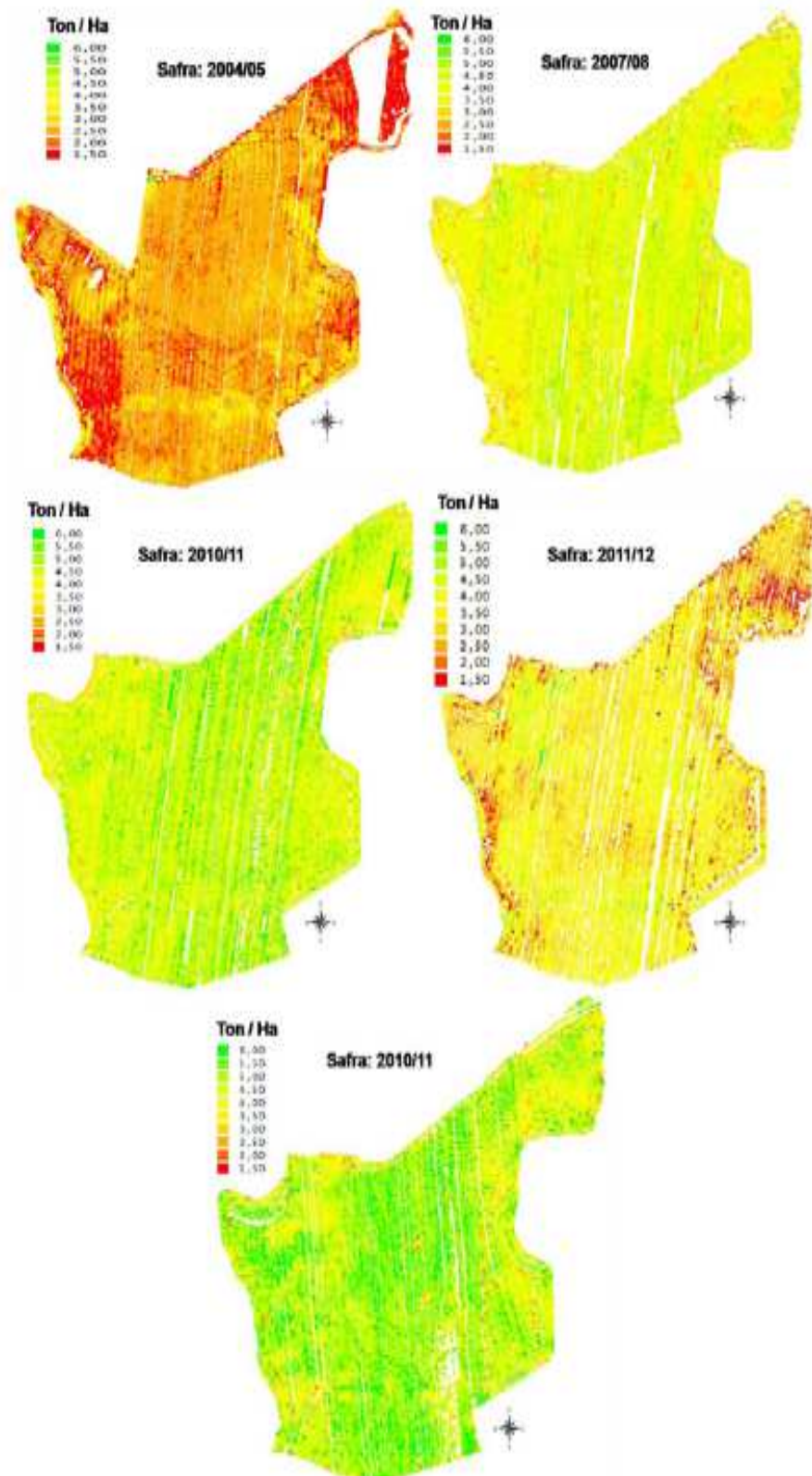
Fonte: Adaptado do Google Earth.

Os dados de produtividade foram coletados nas safras de 2004/05, 2007/08, 2010/11, 2011/12 e 2012/13, constituindo, assim, 5 mapas de colheita de soja (Figura 2). As coletas de dados de produtividade do talhão passaram por procedimentos de revisão e calibração de todos os componentes envolvidos (GPS, monitor de colheita, sensores, calibração do sistema estático e dinâmico, entre outros).

A colheita foi realizada com colhedora CASE IH equipada com sensores de rendimento e umidade dos grãos, cartão para armazenamento de dados e antena receptora de sinal GPS.

Os dados foram extraídos e submetidos a um processo de filtragem, a fim de identificar e eliminar eventuais erros. O software CR-Campeiro 7 foi utilizado para a obtenção da espacialização dos pontos e para a geração dos mapas de produtividade. A área foi dividida em quadrículas com dimensões de 15 x 15 m, sendo os mapas de produtividade interpolados pelo método da krigagem e comparados ponto a ponto, dando origem a um único mapa. Este mapa teve suas áreas classificadas como baixa, média e alta produtividade. Essa classificação foi realizada de acordo com o proposto por Molin (2002), onde produtividade alta é caracterizada pela produtividade do ponto acima de 105% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%; a produtividade média é a produtividade do ponto entre 95% e 105% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30% e a produtividade baixa é consistente na produtividade do ponto abaixo de 95% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%. Assim, obtendo três zonas de potencial produtivo.

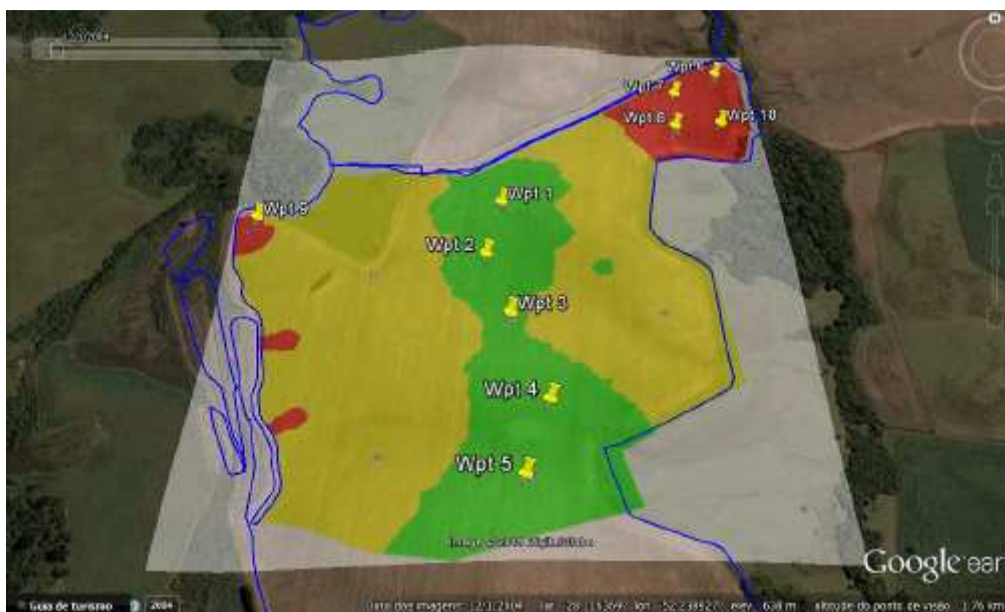
Figura 2 - Espacialização dos pontos de colheita após a filtragem dos dados, das safras 2004/05, 2007/08, 2010/11, 2011/12 e 2012/13, em Coxilha – RS



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após ter as zonas de potencial produtivo determinadas, foi realizada uma amostragem de solo nas zona de baixa e de alta produtividade, em 5 pontos georreferenciados em cada zona (Figura 3). As coletas foram realizadas nas seguintes profundidades: 0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20; 0,20 a 0,30; 0,30 a 0,40; 0,40 a 0,50; 0,50 a 0,60; 0,60 a 0,80 e 0,8 a 1,00 m, totalizando 90 amostras. As ferramentas utilizadas na coleta das amostras foram a pá de corte, para amostras até 0,6 m de profundidade e trado tipo sonda caladora de 0,4 m, para amostras de 0,6 a 1 m de profundidade.

Figura 3 - Mapa de produtividade das 5 safras sobrepostas, com os pontos de amostragem.



Fonte: Adaptado do Google Earth.

As amostras foram analisadas em laboratório e os resultados discutidos em relação às variáveis saturação de bases, saturação por alumínio, pH, matéria orgânica, fósforo, potássio e enxofre. A análise foi realizada a partir de técnicas de estatística descritiva, com a elaboração de gráficos com auxílio do software Excel.

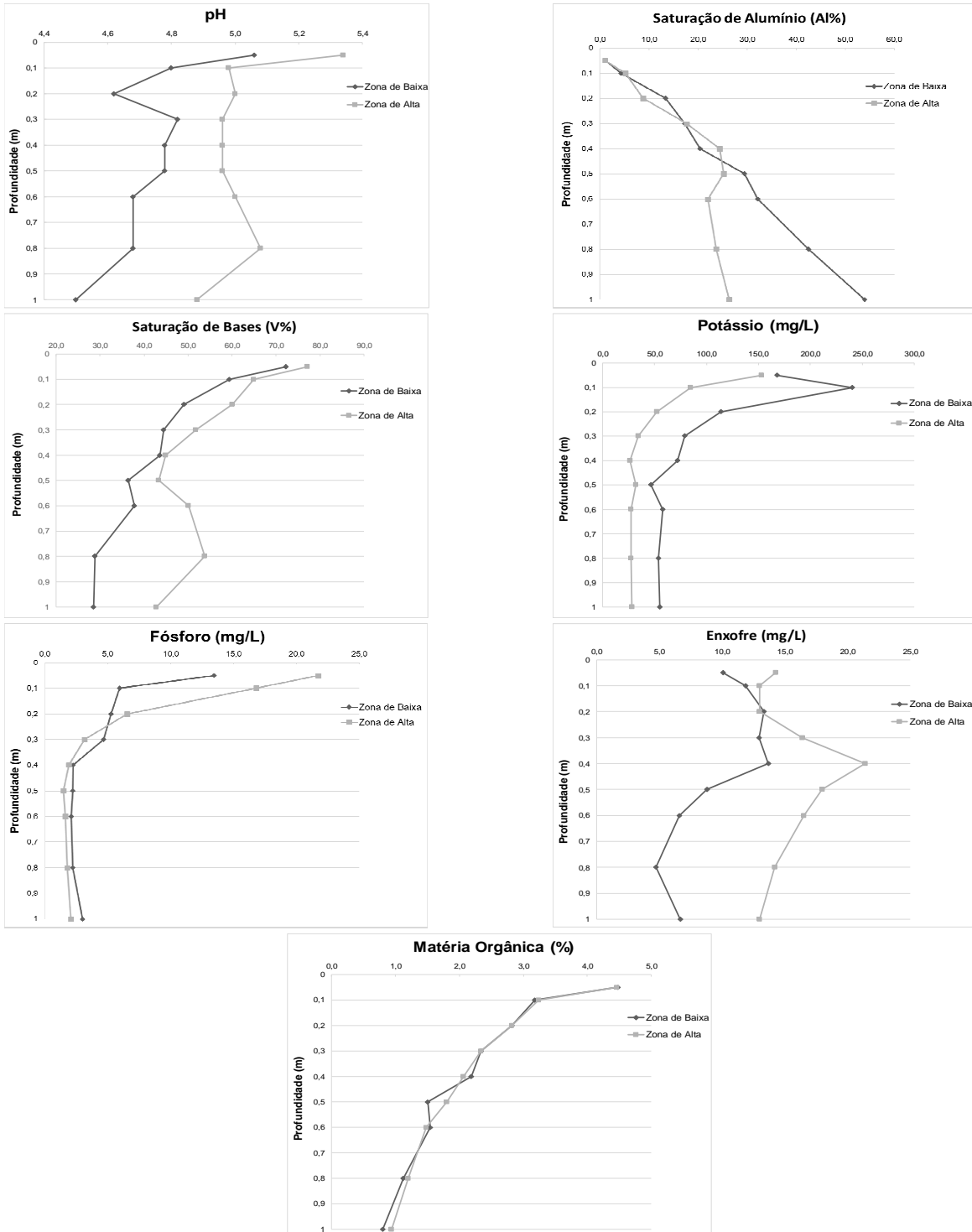
### 3 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir das amostragens em diferentes profundidades revelam o comportamento vertical dos nutrientes do solo nas diferentes zonas de potencial produtivo, conforme apresentado na Figura 4.

A matéria orgânica (MO) dá vida ao solo. Sem MO, viva ou morta, o solo não tem condições de promover o desenvolvimento de uma lavoura (BRAGA, 2010). Embora alguns autores afirmarem que a MO determina grande parte da produtividade, no resultado obtido neste experimento, não foi observado relações com a produtividade. Em ambas as zonas de produtividade foram obtidos teores semelhantes de MO ao longo da profundidade (Figura 4).



Figura 4 - Distribuição dos atributos químicos do solo em diferentes produtividades, nas zonas de alta e baixa produtividade, em Coxilha – RS.



Fonte: Elaborada pelos autores.

No que se refere ao fósforo (P), na zona de alta produtividade, até os 0,20 m de profundidade, foram encontrados valores classificados nas faixas de “médio” a “muito alto”, enquanto que na zona de baixa produtividade, ficaram nas faixas de “baixo” a “alto”, conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (2016). A partir dos 0,20 m de profundidade, em ambas as zonas de produtividade, a classificação para o nutriente ficou entre “baixo” ou “muito baixo”.

Quanto ao potássio (K), é possível afirmar que os teores na zona de alta produtividade foram menores do que os encontrados na zona de baixa produtividade. Isso pode ser explicado em função de que a exportação desse nutriente está sendo maior onde se produz mais e está havendo um déficit entre adubação e exportação. Também foi observado que quanto maior a profundidade, menor será a disponibilidade de K no solo.

A distribuição de enxofre (S) no solo na zona de alta produtividade se manteve em concentração acima de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  em todas as profundidades estudadas, teor classificado como “alto” de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (2016) para as leguminosas. Já na zona de baixa produtividade, o S apresentou teores menores que  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  a partir dos 0,50 m de profundidade.

#### 4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados, conclui-se que quanto maior a profundidade do solo, menor será a disponibilidade de fósforo e potássio, diminuindo também o teor de matéria orgânica, a saturação de bases e o valor de pH do solo. O contrário ocorre com a saturação por alumínio, que fica maior conforme aumenta a profundidade.

As maiores produtividades da zona de alta podem ser explicadas pelos maiores valores de pH, saturação de bases e enxofre em todas profundidades, menor saturação por alumínio na camada de 0,5 a 1,0 m de profundidade e maior disponibilidade de fósforo nas camadas superficiais, quando comparado com a zona de baixa produtividade.

#### REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L. **Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo**. In: FIORIN, J. E., ed. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo: Berthier, 2007, p.99-144.

BRAGA, G. N. M. **A matéria orgânica do solo**. Porto Alegre 2010. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/07/materia-organica-do-solo.html>>. Acesso em 13 de Setembro de 2019.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 376 p., 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**. v. 327, n. 5967, p. 828-31, 2010.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**. v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. **Agricultura de precisão na produção de grãos**. In: BORÉN, A. B.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. T. Agricultura de precisão. Viçosa: UFV, 2000. p.1-42.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**. v.30, n.4, p.611-617, 2000.

WAGNER, L. E.; SCHROCK, M. D. Yield determination using a pivoted auger flow sensor. **Transactions of the ASEA**. v.32, n.2, p.409-413, 1989.

## PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA ASSOCIADA AOS TEORES DE FÓSFORO E DE POTÁSSIO DO SOLO EM UM TALHÃO COM DIFERENTES POTENCIAIS PRODUTIVOS

*Soy crop productivity associated with soil phosphorus and potassium contents in a plot with different productive potentials*

Júnior Henrique Milanesi<sup>1</sup>, Luciano Zucuni Pes<sup>2</sup>, Jéssica Rodrigues da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [juniorhmilanesi@hotmail.com](mailto:juniorhmilanesi@hotmail.com)

<sup>2</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [lucianopes@politecnico.ufsm.br](mailto:lucianopes@politecnico.ufsm.br)

<sup>3</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [jrs8426@yahoo.com.br](mailto:jrs8426@yahoo.com.br)

### RESUMO

O conjunto de técnicas denominado Agricultura de Precisão analisa a variabilidade de uma área por meio de informações georreferenciadas. Essa variabilidade se refere a atributos da área, como por exemplo, fertilidade e produtividade. O objetivo deste trabalho foi investigar a relação entre os teores de fósforo (P) e potássio (K) do solo e a produtividade da soja. Primeiramente, o solo da área foi amostrado em grid de 1 ha. A partir dos resultados, foi realizada uma adubação a taxa fixa, na semeadura da soja, baseada nos valores mínimos de P e K. Após, foi realizada a colheita da soja com automotriz equipada com sistema de registro de dados de produtividade. Esses dados foram extraídos, tratados e, posteriormente, analisados. Os níveis médios de fósforo e potássio da área foram, respectivamente, “médio” e “alto”. Porém, os níveis mínimos, que serviram como base para a adubação fixa, foram “muito baixo” para P e “baixo” para K. A produtividade média da área foi inferior à das safras anteriores. As correlações encontradas foram significativas apenas entre a produtividade e os teores de P. Porém os resultados sofreram interferência do déficit hídrico durante o ciclo da cultura.

**Palavras-chave:** Adubação. Classes de Produtividade. Agricultura de Precisão.

### ABSTRACT

The set of techniques called Precision Agriculture analyzes the variability of a field through georeferenced information. This variability refers to fields attributes, such as chemical attributes, productivity, among others. The objective of this work is to investigate the relationship between soil phosphorus (P) and potassium (K) content and soybean crop yield. First, the soil from the experimental field was sampled and analyzed. From the results, a fixed rate fertilization was performed in the soybean crop, based on the minimum values of P and K. After the crop development, a self-propelled harvesting with a productivity data recording system was performed. These data were extracted, treated and subsequently analyzed. The average phosphorus and potassium levels in the area were, respectively, "medium" and "high". However, the minimum levels, which served as the basis for fixed fertilization, were “very low” for P and “low” for K. The average yield of the area was lower than in previous harvests. The correlations found were significant only between the productivity and the P contents, being positive in the medium productivity zone and negative in the high productivity zone.

**Keywords:** Fertilizing. Productivity classes. Precision agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

O conjunto de técnicas denominado Agricultura de Precisão (AP) analisa a variabilidade de uma área por meio de informações georreferenciadas da mesma. Essa variabilidade se refere a atributos da área, como por exemplo, atributos químicos, físicos e biológicos do solo e produtividade. Por sua vez, essas informações possibilitam melhores estratégias de manejo, visando aumentar a produtividade e reduzir os custos.

Portanto, a AP é um instrumento de gerenciamento agrícola que parte do registro georreferenciado de informações de solo e de culturas, completando-se com intervenções de manejo localizado (AMADO; SANTI, 2007).

A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo deve ser incorporada aos procedimentos e tecnologias aplicados à agricultura (LI et al., 2002). A utilização de ferramentas de agricultura de precisão permite uma valorização da variabilidade espacial dos atributos do solo e a possibilidade de manejá-la, visando aumentar a eficiência técnica e econômica do uso de insumos (SANTI et al., 2009).

Para Queiroz et al. (2000), os mapas de produtividade das culturas podem ser utilizados como o ponto de partida para avaliação das causas da variabilidade da produtividade, bem como verificar as causas passíveis de modificação e as respostas econômicas e de impacto ambiental que o sistema de manejo, em locais específicos, pode trazer.

A análise de uma sequência de mapas de produtividade é uma forma de definir unidades de manejo em um talhão, associando-as aos atributos de solo (LARK et al., 1997).

Diante disso, o objetivo deste trabalho é analisar a relação entre a disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) do solo e a produtividade da cultura da soja.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área experimental era de 17,7 ha, localizada no município de Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, coordenadas geográficas 28°16'33,07" de latitude Sul, 54°09'55,89" de longitude Oeste e altitude média de 319,60 m.

O local do experimento apresentava um relevo suavemente ondulado, com solo de textura argilosa a muito argilosa, profundo e de boa drenagem, classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico, pertencente à Unidade de Mapeamento Santo Ângelo (Embrapa, 2006).

A região apresenta o clima do tipo Cfa (subtropical), segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação anual média de 1800 a 2000 mm anuais.

A rotação de culturas era intensa e bem variada, contemplando em todo o seu histórico as culturas de soja, milho, trigo, feijão, aveia-preta, nabo, girassol, linhaça, canola e sorgo, predominando as culturas do milho e da soja (Tabela 1).

As produtividades médias das culturas nesta área eram consideradas boas e, segundo o produtor, o principal fator limitante era a falta de chuvas, seguido de geada (no caso do milho). Historicamente, na cultura do milho, eram obtidas médias de produtividade de 7.200 kg ha<sup>-1</sup> e na soja, média de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 1 – Histórico dos cultivos na área experimental nos últimos quatro anos.

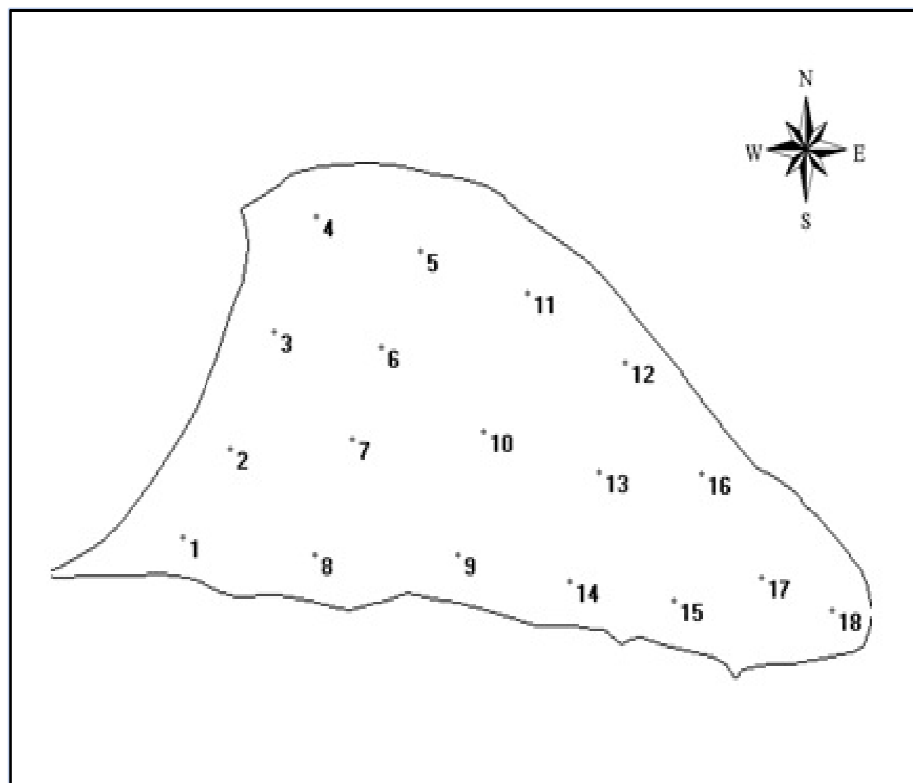
Ano agrícola	Inverno	Verão	
		Safra	Safrinha
2010/2011	Linhaça	Soja	
2011/2012	Nabo	Milho	Milho
2012/2013	Trigo	Soja	
2013/2014	Aveia	Soja*	

\* Cultura alvo do estudo.

As ferramentas de AP utilizadas na área foram a obtenção de dados e posterior geração de mapas de atributos químicos do solo e de produtividade. A amostragem de solo, com a posterior geração do mapa de fertilidade foi realizada pela empresa Drakkar. Os resultados posteriormente foram analisados e serviram de subsídio para a tomada de decisão do manejo.

A empresa Drakkar realizou o georeferenciamento da área e coleta de solo no dia 29/04/2013. O tamanho do grid de amostragem utilizado foi de 1 ha (100 x 100 m), em um total de 18 pontos (Figura 1), sendo a profundidade de solo coletada de 0-10 cm.

Figura 1 - Grid de amostragem utilizado na coleta das amostras de solo, na área experimental.



A semeadura da soja foi realizada no dia 30 de novembro de 2013, em condições ideais de umidade do solo, não apresentando problemas na germinação e emergência da cultura. A cultivar de soja escolhida para o experimento foi a Nidera 5909, por apresentar alta produtividade, adaptabilidade à região, resposta à adubação e resistência a acamamento.

A recomendação de adubação foi realizada baseada nos valores mínimos encontrados para P e K e objetivando uma produção de 3000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja, conforme o Manual de Calagem e Adubação para os estados do RS e SC (CQFS – RS/SC, 2016). Também foi considerada a necessidade de ser compensada a extração do corte da aveia-preta (cultura anterior). Sendo assim, a adubação foi realizada à taxa fixa, durante a semeadura, na dosagem de 395 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 2-23-23.

As aplicações de herbicidas, inseticidas e fungicidas foram realizadas de acordo com a necessidade de tais controles, levando sempre em consideração o custo benefício das aplicações e condições climáticas.

A colheita da área experimental ocorreu no dia 22 de março de 2014 pela manhã. A automotriz utilizada foi uma STS 9570 (John Deere), com plataforma de 25 pés, monitor GreenStar™ 2630, tendo o Harvest Monitor™ como monitor de colheita e o receptor StarFire™ 3000, todos da John Deere. Antes de ser efetuada a colheita, foi contatada a assistência técnica da John Deere para realizar as calibrações e configurações necessárias da máquina, sensores e monitores. A umidade média de grãos ficou próxima a 12,5%, sendo posteriormente corrigida, para a geração do mapa de produtividade, ao valor de 13%.

A geração do mapa de produtividade seguiu a metodologia proposta por Amado (2007). Foi gerada uma grade regular de 15x15 m, totalizando 785 quadrículas. Para obtenção do valor médio de produtividade de cada quadrícula, utilizou-se um raio de busca de 20 m. A razão entre a produtividade da quadrícula e a média da produtividade da área foi calculada e o resultado expresso em porcentagem. A interpolação dos dados de produtividade foi realizada através do inverso do quadrado da distância. Foram utilizados dois softwares para a geração dos mapas temáticos, o CR Campeiro e o Apex. Em ambos os softwares os dados passaram por correções das anomalias e discrepâncias quantitativas (filtragem de dados), conforme metodologia proposta por Menegatti e Molin (2003), eliminando-as, reduzindo os erros e apresentando um mapa mais condizente com a realidade da lavoura.

O mapa de produtividade da área foi gerado observando os seguintes critérios para divisão das classes de produtividade: classe de alta produtividade, locais com rendimento maior que 105% da média de produtividade; classe de média produtividade, locais com rendimento entre 95 e 105% da média de produtividade; classe de baixa produtividade, locais com rendimento inferior a 95% da média de produtividade (MOLIN, 2002).

A análise de correlação foi utilizada para quantificar a influência dos atributos químicos do solo nas diferentes classes de produtividade. Dois softwares foram utilizados para a análise estatística, o CR Campeiro 7 e o SPSS Statistics 18.

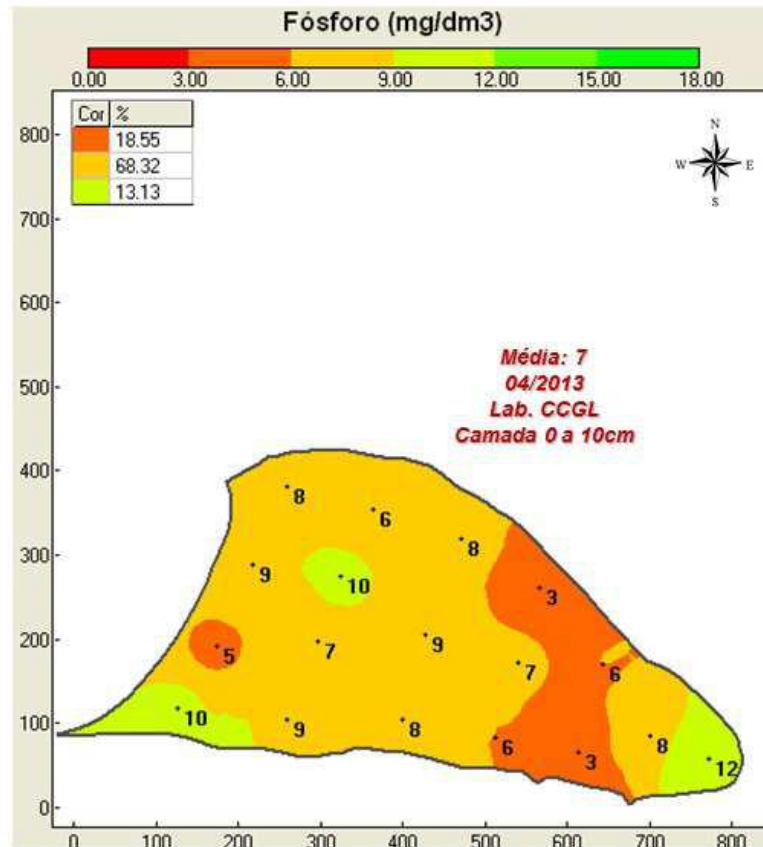
### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 ANÁLISE DOS TEORES DE P E K DO SOLO**

A análise dos resultados das amostras de solo da área experimental apresentou valores de P que variaram de 3 a 12 mg dm<sup>-3</sup>, com teor médio de 7 mg dm<sup>-3</sup>. Conforme o Manual da CQFS – RS/SC (2016), este teor é classificado como “médio”. Essa amplitude demonstra o quão interessante é a realização das análises georreferenciadas, pois revela não apenas a variabilidade dos resultados, como a sua espacialização (Figura 2). O valor mínimo encontrado de fósforo na

área foi de  $3 \text{ mg dm}^{-3}$ , valor classificado como “muito baixo” pelo Manual da CQFS – RS/SC (2016), sendo esta interpretação a utilizada como critério para a recomendação de adubação de base.

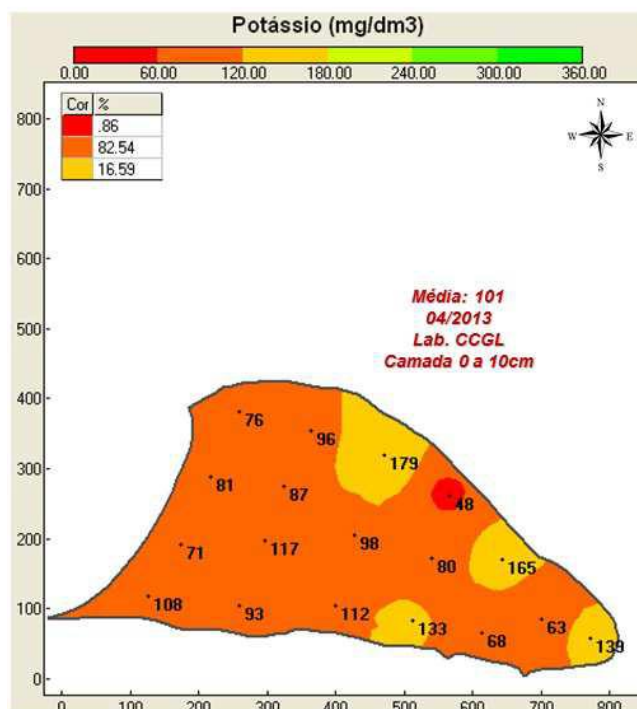
Figura 2 - Distribuição espacial dos teores de fósforo (P) da área, na camada de 0 a 0,10 m.



Em relação aos níveis de K, é possível visualizar na Figura 3, que os valores variaram de 48 a  $179 \text{ mg dm}^{-3}$ , tendo como valor médio de  $101 \text{ mg dm}^{-3}$ . Segundo o Manual da CQFS – RS/SC (2016), este valor é classificado com “alto”. O teor mínimo de K observado no mapa de distribuição espacial do nutriente foi de  $48 \text{ mg dm}^{-3}$ , valor classificado com “baixo” pelo o Manual da CQFS – RS/SC (2016), sendo esta interpretação a utilizada como critério para a recomendação da adubação de base.



Figura 3 - Distribuição espacial dos teores de potássio (K) da área, na camada de 0 a 0,10 m.



### 3.2 MAPAS DE RENDIMENTO E DEFINIÇÃO DE CLASSES DE PRODUTIVIDADE

Com o objetivo de gerar um mapa representativo, os dados de produtividade obtidos pelo sensor de rendimento passaram por filtragem, como é possível visualizar na Tabela 2. Já na Tabela 3 é possível se observar a diferença dos dados após o tratamento das informações.

Tabela 2 - Síntese do processo de filtragem de dados.

Filtro Aplicado	Pontos Restantes	%
Dados brutos	15830	100,00
Erros grosseiros de posicionamento	15830	100,00
Produtividade nula	13954	88,15
Interpretação de largura de plataforma	13766	86,96
Umidade nula	13540	85,53
Dados discrepantes	13486	85,19
Pontos Retirados (%)		14,81

A produtividade média da área experimental foi de 1764 kg ha<sup>-1</sup>, muito aquém da média alcançada no estado do Rio Grande do Sul, 2605 kg ha<sup>-1</sup> e da média brasileira, 2854 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). Esta baixa produtividade representa a severidade dos efeitos das condições climáticas no experimento, uma vez que as médias históricas da área são de 3000 kg ha<sup>-1</sup>.

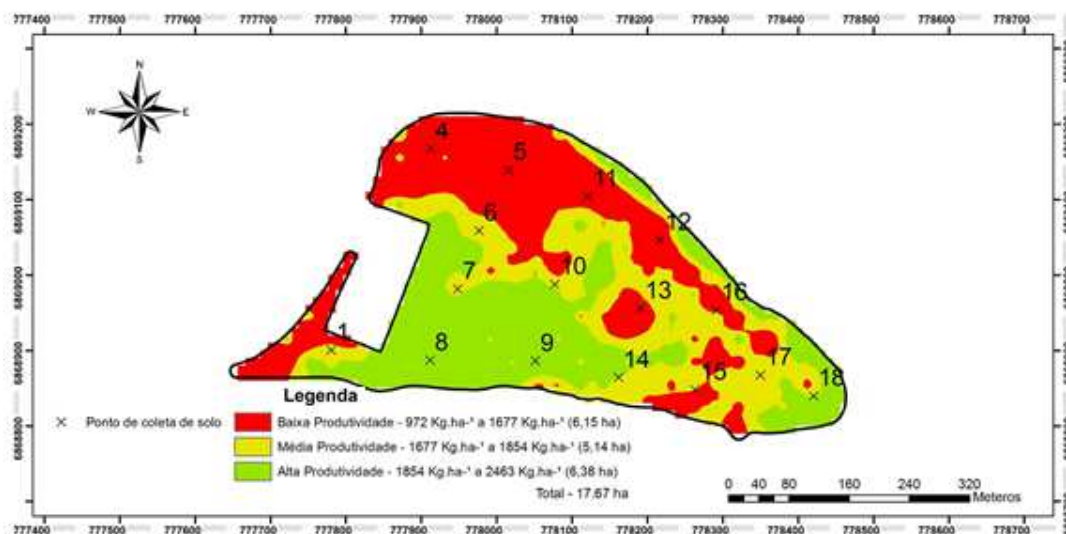
Tabela 3 - Dados de produtividade obtidos do campo.

Medidas descritivas	Dados brutos	Dados filtrados
Média (kg ha <sup>-1</sup> )	1538,67	1764,57
Desvio Padrão (kg ha <sup>-1</sup> )	758,57	454,00
CV (%)	49,30	25,73
Máximo (kg ha <sup>-1</sup> )	10570,04	2996,77
Quartil Superior (kg ha <sup>-1</sup> )	2025,77	2063,52
Mediana (kg ha <sup>-1</sup> )	1692,95	1782,23
Quartil Inferior (kg ha <sup>-1</sup> )	1246,06	1466,63
Mínimo (kg ha <sup>-1</sup> )	0	540,80

As precipitações pluviométricas afetaram significativamente a soja, considerando a produtividade média obtida e os sintomas observados a campo. Os principais indícios de danos causados por estresse hídrico foram: perda de turgidez da planta, perda de folhas, abortamento de flores, legumes e grãos. A necessidade de chuva durante o ciclo da cultura da soja varia de 450 a 850 mm (FRANKE, 2000), apresentando necessidades crescentes a partir do final do estágio vegetativo. Os volumes observados no período experimental não foram suficientes para atingir as quantidades mínimas, pois não ultrapassaram os 365 mm de chuvas. Dessa forma, o estresse hídrico ocorrido durante o ciclo da cultura, especialmente no período vegetativo, influenciou diretamente nos resultados deste trabalho.

No mapa de produtividade (Figura 4) é possível observar os resultados do rendimento da soja. A produtividade está distribuída em três classes, conforme a classificação de Molin (2002), sendo elas: baixa produtividade, que varia de 972 a 1677 kg ha<sup>-1</sup>; média produtividade, que varia de 1677 a 1854 kg ha<sup>-1</sup> e alta produtividade, que varia de 1854 a 2463 kg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, é possível se observar a presença significativa de variabilidade de produtividade na área.

Figura 4 - Mapa de colheita da cultura da soja da área experimental, safra 2013/2014, apresentando as diferentes classes de produtividade e a localização dos pontos de coleta de amostras de solo.



A Tabela 4 apresenta uma análise estatística descritiva das diferentes classes de produtividade, onde todas elas tiveram coeficiente de variação baixo, indicando um conjunto de dados homogêneo.

Tabela 4 - Análise estatística descritiva das classes de produtividade.

Parâmetros estatísticos	Classes de produtividade		
	Alta	Média	Baixa
Média (kg ha <sup>-1</sup> )	1921,08	1685,76	1469,03
Desvio padrão (kg ha <sup>-1</sup> )	174,99	139,20	72,12
CV (%)	9,11	8,26	4,91

### 3.3 CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE P E K DO SOLO E A PRODUTIVIDADE

Para a obtenção da produtividade dos pontos onde foram coletadas as amostras de solo (Figura 4), realizou-se uma sobreposição do mapa de classes de produtividade, da grade de células da produtividade média e a grade de amostragem de solo. Dessa forma, escolheram-se, visualmente, quatro pontos de amostragem de solo que estivessem dentro da classe de produtividade, utilizando o valor de produtividade do ponto mais próximo ao ponto escolhido.

As correlações entre os atributos químicos do solo e a produtividade da soja do ano agrícola 2013/2014 são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Análise dos atributos químicos do solo e sua correlação (r) com a produtividade.

Classes de produtividade	Ponto amostral	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	P	K
Alta Produtividade	8	1994,79	8,8	93
	9	2108,36	8,1	112
	10	1883,57	9,3	98
	18	1697,58	11,9	139
	Correlações			*-0,97
Média Produtividade	1	1746,23	10	108
	6	1850,83	10,1	87
	7	1543,11	7,1	117
	17	1602,85	8,2	63
	Correlações			*0,95
Baixa Produtividade	4	1373,44	8,1	76
	5	1482,77	6,1	96
	11	1471,69	8,3	179
	12	1548,23	3	48
	Correlações			-0,81 <sup>ns</sup>

\* Correlação de Pearson significativa (p=0,05).

<sup>ns</sup> Correlação de Pearson não-significativa (p=0,05).

Foram encontradas correlações significativas apenas entre o P e as classes de alta e média produtividade. Ambas as correlações significativas foram elevadas, sendo que o P se correlacionou de maneira inversa com as altas produtividades e de maneira direta com as médias

produtividades. A correlação negativa entre os teores de P e a produtividade é um resultado não esperado. Uma possível justificativa para este resultado é a restrição hídrica ocorrida durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, podendo ser agravado por outros fatores, como as elevadas temperaturas médias do ar e a compactação de solo. Já para o K não foram observadas correlações significativas entre o nutriente e a produtividade.

#### 4 CONCLUSÕES

A produtividade apresentou variabilidade espacial e a média geral da produtividade do talhão foi baixa, comparada com o potencial produtivo da área.

A correlação dos teores de P e K com a produtividade, no geral, foi baixa.

As adversidades climáticas interferiram significativamente na produtividade.

#### REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C. **Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 08, p. 1101- 1110, 2007.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L. **Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo**. In: FIORIN, J. E., ed. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo: Berthier, 2007, p.99-144.

CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 376 p., 2016.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 1 - Safra 2013/14, n. 12 - Décimo Segundo Levantamento, set. 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf)> Acesso em: 5 de janeiro de 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 306 p. 2006.

FRANKE, A. E. Necessidade de irrigação suplementar em soja nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, RS. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 35. n. 8 Brasília, Agosto. 2000.

LARK, R. M.; STAFFORD, J. V. **Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variation of crop yield**. Ann. Appl. Biol., n.130, p.111-121, 1997.

LI, H.; LASCANO, R. J.; BOOKER, J.; WILSON, L. T.; BRONSON, K. F.; SEGARRA, E. **State-space description of field heterogeneity: water and nitrogen use in cotton**. Soil Science Society of America Journal, v.66, n.2, p.585-595, 2002.

MENEGATTI, L. A; MOLIN, J. P. **Metodologia para identificação e caracterização de erros em**

**mapas de produtividade.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB. v. 7, n. 2, p. 367-374. 2003.

MOLIN, J. P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade.** Engenharia Agrícola, v. 22, p. 83-92, 2002.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. **Agricultura de precisão na produção de grãos.** In: BORÉN, A. B.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. T. Agricultura de precisão. Viçosa: UFV, 2000. p.1-42.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; DELLA FLORA, L. P.; SMANIOTTO, R. F. F. **É chegada a hora da integração do conhecimento.** Revista Plantio Direto. 109 ed. jan./fev 2009.

## ESTRATÉGIAS DE MELHORIA DA CAMADA DE ENRAIZAMENTO DE UM LATOSSOLO COMO ATENUANTE DE DÉFICIT HÍDRICO PARA A CULTURA DA SOJA

*Strategies to rooting layer improvement of an Oxisol as mitigating effects of water deficit for soybean crop*

Marceli Piccin<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>, Vinícius Freitas Pedron<sup>3</sup>, Maria Heloísa Batistti Baptistella<sup>4</sup>, Djeferson José de Oliveira Batista<sup>5</sup>, Luan Pierre Pott<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [marcelipiccin@hotmail.com](mailto:marcelipiccin@hotmail.com), [florestatel@hotmail.com](mailto:florestatel@hotmail.com), [pedron.vinicius@hotmail.com](mailto:pedron.vinicius@hotmail.com), [mheloisabb@hotmail.com](mailto:mheloisabb@hotmail.com), [djese@hotmail.com](mailto:djese@hotmail.com), [luanperrpott@hotmail.com](mailto:luanperrpott@hotmail.com)

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da melhoria química e física da camada de enraizamento de um Latossolo manejado sob Sistema Plantio Direto de longa duração sobre a produtividade da cultura da soja em situações de déficit hídrico. O experimento foi realizado em Dois Irmãos das Missões no Rio Grande do Sul. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições e quatro tratamentos, nos quais: T1 – testemunha, T2 – calcário + gesso em superfície, T3 – subsolagem com espaçamento de 70 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg com espaçamento de 70 cm, e T4 – subsolagem com espaçamento de 35 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg com espaçamento de 70 cm. O déficit hídrico foi simulado com a instalação de câmaras de restrição hídrica, as quais excluíam 100% da precipitação incidente. Após 18 meses a aplicação, o T4 apresentou os menores valores de resistência à penetração, maior incremento de pH e menor saturação por alumínio. Na safra de 2016/17 não houve diferença entre a produtividade dos tratamentos. No entanto, na safra 2017/18, o T3 e o T4 apresentaram as menores perdas de produtividade em função do déficit hídrico.

**Palavras-chave:** Sistema Plantio Direto. Estresse hídrico. Compactação do solo.

### ABSTRACT

The aim of this study was evaluate the effect of the chemical and physical soil rooting layer improvement of an Oxisol managed under long-term no-till in the soybean seed yield in water deficit situations. The experiment was carried in Dois Irmãos das Missões in Rio Grande do Sul. The experimental design was a randomized blocks with three replications and four treatments, in which: T1 – control; T2 – limestone + gypsum applied in surface; T3 – subsoiling with spacing of 70 cm + deep application of Ca and Mg oxide with spacing of 70 cm; and T4 - subsoiling with spacing of 35 cm + deep application of Ca and Mg oxide with spacing of 70 cm. The water deficit was simulated with the installation of water restriction chambers, which exclude 100% of the incident precipitation. After 18 months of application, the T4 presented the lowest penetration resistance values, highest pH increments and lowest aluminum saturation. In the 2016/17 crop season, there was no difference between the productivity of the treatments. However, in the 2017/18 crop season, the T3 and T4 had the lowest seed yield losses due to water deficit.

**Keywords:** No-till. Water stress. Soil compaction.

## 1 INTRODUÇÃO

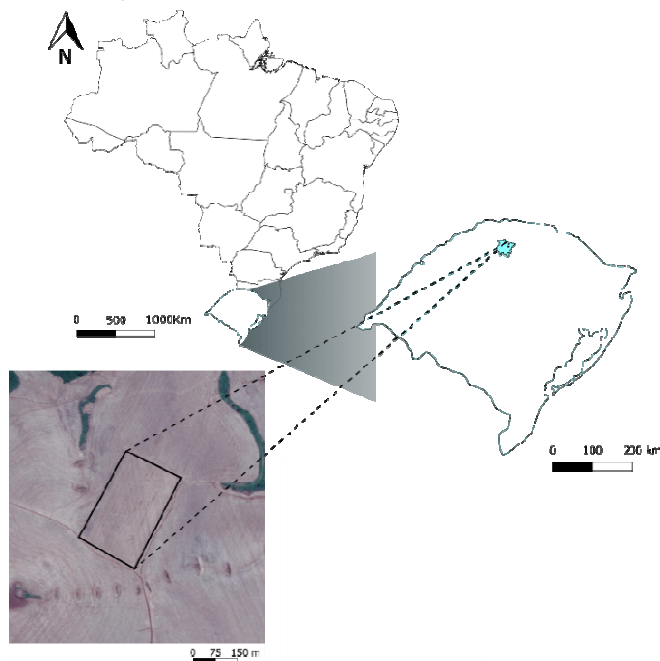
A ausência do revolvimento do solo aliada à aplicação superficial de insumos e ao tráfego intensivo de máquinas agrícolas causam mudanças na estrutura e na distribuição de nutrientes dos solos manejados sob Sistema Plantio Direto (SPD) (CAMARA; KLEIN, 2005). De acordo com Reichert et al. (2009a), os solos, sobretudo os argilosos, manejados sob esse sistema, geralmente apresentam uma camada de aproximadamente 7 à 15-20 cm com elevada densidade, baixa porosidade e elevado valor de resistência mecânica à penetração (RP). Aliada a esta condição de compactação, Amado et al. (2009) reportam a presença de um gradiente químico nesses solos, caracterizado pela elevada concentração de nutrientes, elevados valores de pH e reduzida saturação por alumínio da superfície, contrastando com a subsuperfície ácida, pobre em nutrientes e com elevada toxidez por Al.

A soma dos efeitos deletérios da compactação e da toxidez por alumínio da subsuperfície do solo representam limitações físicas e químicas ao aprofundamento do sistema radicular das plantas (NUNES et al., 2015; DALLA NORA et al., 2017). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da melhoria química e física da camada de enraizamento de um Latossolo sobre a produtividade da cultura da soja em situações de déficit hídrico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi implantado em outubro de 2016 em um Latossolo Vermelho Distrófico típico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018) no município de Dois Irmãos das Missões, sul do Brasil (27° 67' S 53° 56' O e 525 m de altitude). O clima da região é classificado como Cfa (KÖPPEN, 1938) e a média de temperatura local é de 19,2°C.

Figura 1. Localização da área experimental.



Fonte: o autor

A área experimental foi situada numa lavoura comercial manejada sob SPD por aproximadamente 20 anos em um ambiente de manejo de alta produtividade. No verão, a área era cultivada com a cultura da soja (*Glycine max* L.) cultivar NA 5909 (Nidera, Brasil), e no inverno era mantida com o uso de plantas de cobertura (*Raphanus sativus*, *Lolium multiflorum* e *Avena strigosa*) oriundas da ressemeadura natural. A caracterização química e física da área estão descritas na tabela 1.

O delineamento experimental era de blocos ao acaso com três repetições, nos quais os tratamentos eram: T1 – testemunha, T2 – calcário (3,0 Mg ha<sup>-1</sup>) + gesso (3,0 Mg ha<sup>-1</sup>) em superfície, T3 – subsolagem com espaçamento de 70 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg (1,2 Mg ha<sup>-1</sup>) com espaçamento de 70 cm, e T4 – subsolagem com espaçamento de 35 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg (1,2 Mg ha<sup>-1</sup>) com espaçamento de 70 cm.

Tabela 1. Caracterização química e física da área experimental anteriormente à aplicação dos tratamentos.

Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	H+Al -- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --	Al	CTC	M.O.	Sat. Ca	Sat. Mg	V	m	S	P	RP
<b>0-10</b>	5,2	5,1	0,2	11,7	3,8	40,8	10,6	56,1	3,6	10,9	14,1	1123
<b>10-20</b>	5,1	5,6	0,5	10,3	2,7	33,7	8,9	45,5	9,8	16,9	3,7	2974
<b>20-40</b>	5,2	5,3	0,5	9,2	2,4	31,1	9,6	43,0	12,1	13,6	2,0	2364
<b>40-60</b>	5,1	5,6	0,7	8,9	1,9	27,0	9,0	37,1	17,9	16,0	1,6	1763

Prof. – Profundidade; H+Al – Acidez potencial; Al – Alumínio; CTC – Capacidade de troca de cátions; M.O. – Matéria orgânica; Sat. Ca – saturação por cálcio; Sat. Mg – saturação por magnésio; V – Saturação por bases; m – saturação por Al; S – Enxofre; P – Fósforo; RP – Resistência à penetração do solo.

O calcário utilizado possuía PRNT de 71%, 25% de Ca e 10% de Mg, o gesso agrícola possuía 15% de Ca e 11% de S e o óxido de Ca e Mg possuía PRNT de 183%, 60% de Ca e 30% de Mg. O implemento subsolador possuía uma caixa armazenadora acoplada e um sistema de aplicação, por meio da gravidade, com aberturas localizadas nas hastes (nas profundidades de 10, 30 e 50 cm) que permitiu realizar a aplicação profunda de óxido de Ca e Mg no solo.

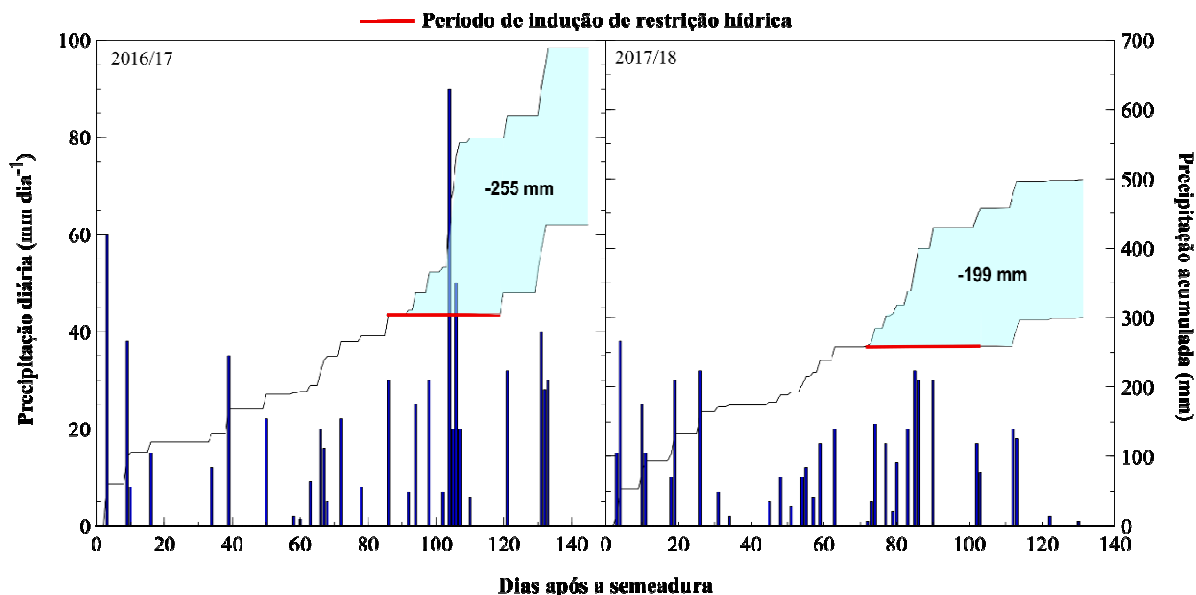
No início do florescimento da soja (estágio R1), foram instaladas câmaras de restrição hídrica de 3x4 m, as quais excluíram 100% da precipitação incidente na cultura por aproximadamente 30 dias. A distribuição da precipitação, a precipitação acumulada e a indicação do volume restrito em cada safra em função da instalação da câmara de restrição hídrica estão demonstrados na figura 2.

A coleta de solo foi realizada com a abertura de trincheiras no solo após 6 e 18 meses à aplicação dos tratamentos de forma estratificada nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Nas amostras coletadas foram determinados o pH em H<sub>2</sub>O, a CTC à pH 7, a m e as saturações por Ca e Mg. A análise química foi realizada na CCGL-Tec em Cruz Alta e seguiu metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

A avaliação da RP foi realizada nos mesmos dias da coleta de solo para análise química através do uso de um penetrômetro automático (SoloTrack - PLG5300) da marca Falker de 0 até 60 cm e umidade do solo no momento das leituras foi de 0,25 g g<sup>-1</sup> após 6 meses e 0,23 g g<sup>-1</sup> após 18 meses a aplicação dos tratamentos.



Figura 2. Precipitação diária e acumulada durante o ciclo da soja nas safras de 2016/17 e 2017/18 com indicação do período de indução da restrição hídrica e quantidade de chuva (mm) restrita.



A determinação da produtividade da soja foi realizada com a coleta manual de 3 repetições de 1 m linear (dentro das câmaras de restrição hídrica). A umidade dos grãos foi determinada em cada repetição e a produtividade foi corrigida para a umidade de 13%.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, à análise de variância (ANOVA) e tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de significância utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

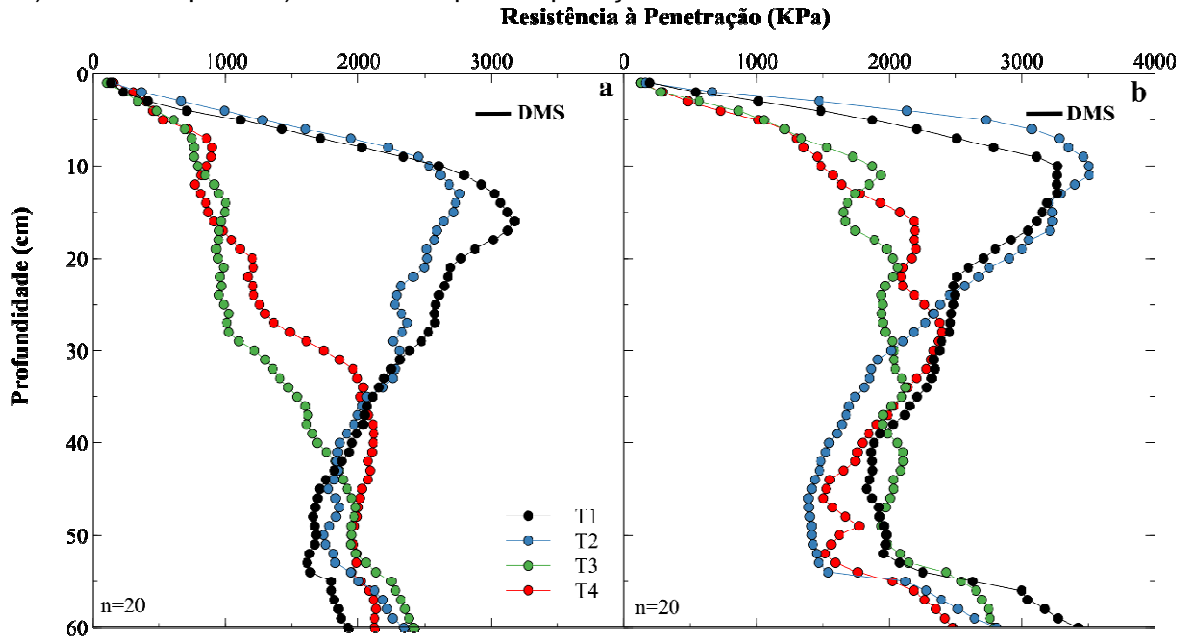
#### 3.1 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO

Os tratamentos que receberam correção física do solo (T3 e T4) apresentaram valores de RP inferior aos tratamentos que não receberam (T1 e T2) em ambas as avaliações (6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos), principalmente na camada de 10 à 25 cm (Figura 3). Botta et al. (2010) e Liu et al. (2016) também reportaram esse resultado utilizando diferentes profundidades de descompactação do solo.

No entanto, é possível verificar que este efeito vai sendo atenuado com o passar do tempo (Figura 3), permitindo inferir que o solo tende a retornar ao seu estado original a médio ou longo prazo. Resultados similares foram observados em um Latossolo por Busscher, Frederick e Bauer (2000), os quais denotam o elevado risco de recompactação do solo após uma intervenção mecânica em situações de precipitação abundante. Drescher et al. (2016) e Reichert et al. (2009b) também reportam esse comportamento temporal da escarificação sobre a estrutura do solo, o qual pode ter efeito com duração inferior a um ano ou até mesmo uma safra. O uso de plantas de cobertura é uma estratégia eficaz para prolongar a duração dos efeitos da intervenção mecânica,

como observado por Fin et al. (2018).

Figura 3. Diferença mínima significativa (DMS) para os resultados de resistência à penetração do solo: a) 6 meses após e b) 18 meses após a aplicação dos tratamentos.



T1 – testemunha, T2 – calcário ( $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) + gesso ( $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) em superfície, T3 – subsolagem com espaçamento de 70 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg ( $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) com espaçamento de 70 cm, e T4 – subsolagem com espaçamento de 35 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg ( $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) com espaçamento de 70 cm; n – número de leituras por tratamento.

### 3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

De acordo com a tabela 1, é possível identificar a depleção da disponibilidade de Ca e Mg no solo associada ao incremento da saturação por Al (m). Os valores de pH e a saturação de bases (V) estão abaixo e a m está acima dos limites críticos propostos pela CQFS-RS/SC (2016). Os Latossolos tropicais tipicamente apresentam redução da qualidade química com o avanço da profundidade, criando um gradiente químico entre a superfície e a subsuperfície do solo (AMADO et al., 2009). Estas condições evidenciam a importância da aplicação de corretivos mais solúveis e com maior mobilidade no perfil do solo, pois condições químicas limitantes afetam negativamente o aprofundamento do sistema radicular das plantas.

Tabela 2. Efeito dos tratamentos sobre os atributos químicos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos.

Prof. (cm)	6 meses				18 meses			
	pH (H <sub>2</sub> O)							
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0-10	5,4 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,1 <sup>b</sup>	5,3 <sup>ab</sup>	5,3 <sup>ns</sup>	5,3 <sup>ns</sup>	5,4 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>ns</sup>
10-20	5,3 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,9 <sup>b</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	5,1 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>ns</sup>
20-40	5,3 <sup>ns</sup>	5,3 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>ns</sup>	5,3 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>	5,6 <sup>a</sup>
40-60	5,3 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	5,1 <sup>ns</sup>	5,4 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>b</sup>	5,2 <sup>ab</sup>	5,2 <sup>ab</sup>	5,8 <sup>a</sup>
m (%)								
0-10	0,5 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	21,2 <sup>ab</sup>	3,3 <sup>a</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	4,25 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
10-20	5,1 <sup>b</sup>	4,8 <sup>b</sup>	11,9 <sup>a</sup>	1,8 <sup>b</sup>	5,8 <sup>ab</sup>	15,6 <sup>a</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	2,1 <sup>b</sup>
20-40	7,6 <sup>ns</sup>	7,3 <sup>ns</sup>	27,9 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	4,9 <sup>ab</sup>	14,1 <sup>a</sup>	7,4 <sup>ab</sup>	0,0 <sup>b</sup>
40-60	10,1 <sup>ns</sup>	13,4 <sup>ns</sup>	17,9 <sup>ns</sup>	7,6 <sup>ns</sup>	9,2 <sup>ns</sup>	15,1 <sup>ns</sup>	11,7 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
Sat. Ca (%)								
0-10	51,9 <sup>a</sup>	49,2 <sup>ab</sup>	32,8 <sup>c</sup>	39,2 <sup>bc</sup>	42,3 <sup>ns</sup>	43,7 <sup>ns</sup>	48,9 <sup>ns</sup>	46,2 <sup>ns</sup>
10-20	41,6 <sup>ns</sup>	37,6 <sup>ns</sup>	20,8 <sup>ns</sup>	40,3 <sup>ns</sup>	38,8 <sup>ns</sup>	30,8 <sup>ns</sup>	38,9 <sup>ns</sup>	45,1 <sup>ns</sup>
20-40	34,1 <sup>ns</sup>	37,4 <sup>ns</sup>	30,8 <sup>ns</sup>	39,4 <sup>ns</sup>	39,3 <sup>ns</sup>	30,2 <sup>ns</sup>	36,6 <sup>ns</sup>	41,6 <sup>ns</sup>
40-60	27,1 <sup>ns</sup>	28,1 <sup>ns</sup>	23,5 <sup>ns</sup>	30,1 <sup>ns</sup>	28,8 <sup>ns</sup>	28,7 <sup>ns</sup>	35,5 <sup>ns</sup>	41,9 <sup>ns</sup>
Sat. Mg (%)								
0-10	14,2 <sup>ns</sup>	11,9 <sup>ns</sup>	8,8 <sup>ns</sup>	9,2 <sup>ns</sup>	11,3 <sup>ns</sup>	8,5 <sup>ns</sup>	11,4 <sup>ns</sup>	10,1 <sup>ns</sup>
10-20	11,9 <sup>a</sup>	9,7 <sup>ab</sup>	5,9 <sup>b</sup>	10,9 <sup>a</sup>	9,6 <sup>ns</sup>	7,2 <sup>ns</sup>	8,3 <sup>ns</sup>	9,8 <sup>ns</sup>
20-40	11,5 <sup>ns</sup>	11,8 <sup>ns</sup>	11,7 <sup>ns</sup>	12,4 <sup>ns</sup>	9,9 <sup>ns</sup>	8,1 <sup>ns</sup>	8,2 <sup>ns</sup>	9,7 <sup>ns</sup>
40-60	10,4 <sup>ns</sup>	11,2 <sup>ns</sup>	9,9 <sup>ns</sup>	11,1 <sup>ns</sup>	8,4 <sup>ns</sup>	8,8 <sup>ns</sup>	9,6 <sup>ns</sup>	11,4 <sup>ns</sup>

ns – não significativo à 5% de significância; Prof. – profundidade; m – saturação por alumínio; Sat. Ca – saturação por cálcio; Sat. Mg – saturação por magnésio; T1 – testemunha, T2 – calcário (3,0 Mg ha<sup>-1</sup>) + gesso (3,0 Mg ha<sup>-1</sup>) em superfície, T3 – subsolagem com espaçamento de 70 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg (1,2 Mg ha<sup>-1</sup>) com espaçamento de 70 cm, e T4 – subsolagem com espaçamento de 35 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg (1,2 Mg ha<sup>-1</sup>) com espaçamento de 70 cm.

Após 18 meses a aplicação dos tratamentos, é possível verificar na Tabela 2 que o T4 incrementou os valores de pH na a valores acima de 5,5 cm (como recomendado pela CQFS-RS/SC, 2016) na camada de 20 a 60. A saturação por Al também foi reduzida nesse tratamento na camada de 10 a 40 cm. Esses efeitos podem ser atribuídos ao efeito da dissolução do óxido de Ca e Mg no solo, a qual pode ter sido facilitada devido às elevadas precipitações incidentes (Figura 2) e ao aumento da capacidade de infiltração de água no solo em função da descompactação intensa desse tratamento (Figura 3) (CALONEGO et al., 2017).

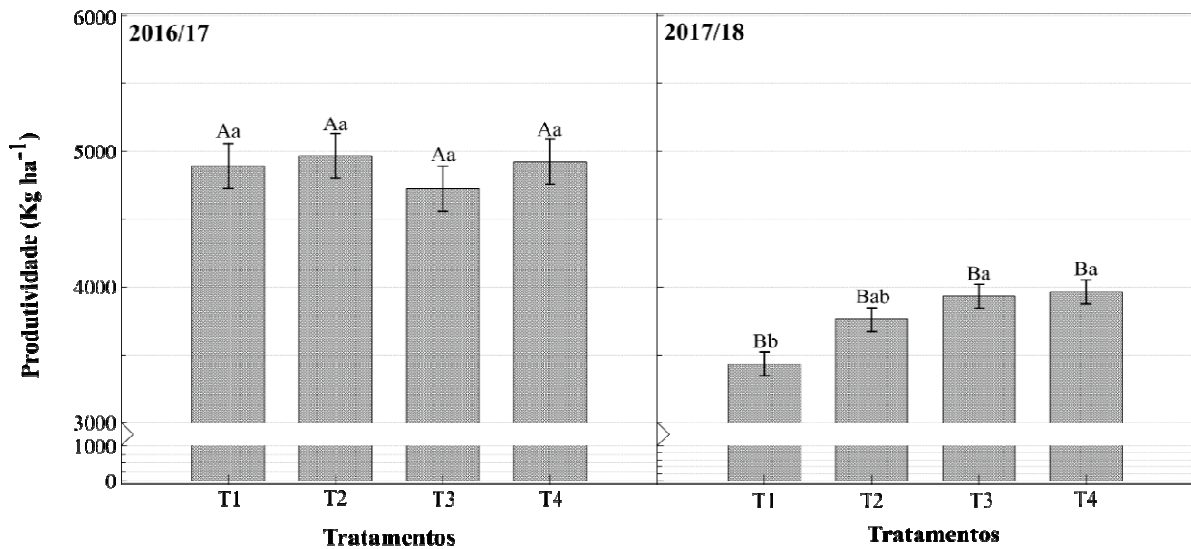
Os tratamentos aplicados não incrementaram a saturação por Ca e Mg do perfil do solo, corroborando com o observado por De Vargas et al. (2019) e Duiker e Beegle (2006) ao avaliar os efeitos da incorporação de um corretivo no solo, e contrastam de Dalla Nora et al. (2017), os quais relatam a eficiência da aplicação combinada de calcário e gesso em superfície para incrementar esses nutrientes no solo.

### 3.3 PRODUTIVIDADE DA SOJA

Na primeira safra avaliada, é possível observar (Figura 4) que não houve diferença significativa entre a produtividade dos tratamentos. Estes resultados corroboram com o reportado por Caires et al. (2003) com a incorporação de calcário ou aplicação de calcário e gesso em superfície em um Latossolo argiloso.

No entanto, ao observar as produtividades dos tratamentos na safra 2017/18 (Figura 4), ou seja, após 18 meses à aplicação dos tratamentos, é possível verificar a atenuação do efeito do estresse hídrico sobre a produtividade da soja nos tratamentos que receberam estratégias de melhoria química (T2) e de melhoria química e física associadas (T3 e T4), o que pode ter ocorrido devido à menor precipitação no período, a qual possibilitou menor conteúdo de água armazenada no solo (Figura 2), evidenciado pela diferença de produtividade entre as safras e possibilitou observar a diferença de produtividade entre os tratamentos na segunda safra avaliada.

Figura 4. Efeito dos tratamentos na produtividade da soja com indução da restrição hídrica na primeira (2016/17) e na segunda safra (2017/18).



T1 – testemunha, T2 – calcário ( $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) + gesso ( $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) em superfície, T3 – subsolagem com espaçamento de 70 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg ( $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) com espaçamento de 70 cm, e T4 – subsolagem com espaçamento de 35 cm + aplicação profunda de óxido de Ca e Mg ( $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) com espaçamento de 70 cm. Letras maiúsculas comparam safras e letras minúsculas comparam tratamentos em cada safra.

É possível concluir que o uso associado de estratégias físicas e químicas de melhoria da camada de enraizamento do solo (T3 e T4) podem ser eficientes para aliviar as perdas resultantes do déficit hídrico severo, no entanto, verifica-se nesse caso que a aplicação associada de calcário e gesso também atuou nesse sentido, no entanto, com menor expressão. O efeito da aplicação de gesso e calcário corrobora com o observado por Zandoná et al. (2015).

## 4 CONCLUSÕES

Os efeitos benéficos da associação de métodos físicos e químicos de melhoria do perfil do solo foram mais evidentes com a subsolagem com espaçamento de 35 cm associada à aplicação profunda de óxido de Ca e Mg com espaçamento de 70 cm, após 18 meses da aplicação. Os atributos mais afetados foram a resistência à penetração, o pH e a saturação por alumínio.

A subsolagem associada à aplicação profunda de óxido de Ca e Mg (T3 e T4) atenuou as perdas de produtividade da soja na presença do déficit hídrico, na segunda safra avaliada.

## REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C. et al. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 831–843, 2009.

BOTTA, G. F. et al. Tillage and traffic effects (planters and tractors) on soil compaction and soybean (*Glycine max* L.) yields in Argentinean pampas. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 167–174, 2010.

BUSSCHER, W. J.; FREDERICK, J. R.; BAUER, P. J. Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 3, p. 999-1003, 2000.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CALONEGO, J. C. et al. Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. **European Journal of Agronomy**, v. 85, p. 31–37, 1 abr. 2017.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 789–796, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11<sup>a</sup>.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016.

DALLA NORA, D. et al. Mitigation of the gradient of chemical properties in the rooting zone of dystrophic oxisols by gypsum and lime inputs under a no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–22, 2017.

DE VARGAS, J. P. R. et al. Application forms and types of soil acidity corrective: Changes in depth chemical attributes in long term period experiment. **Soil and Tillage Research**, v. 185, p. 47–60, 2019.

DRESCHER, M. S. et al. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 159–168, 2016.

DUIKER, S. W.; BEEGLE, D. B. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems. **Soil and Tillage Research**, v. 88, n. 1–2, p. 30–41, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª. ed. Brasília: Embrapa - CNPS; 2018.

FIN, S. et al. Duration of the effects of scarification and raised bed associated with vegetation cover on soybean yield on an Alfisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1230-1238, 2018.

KÖPPEN, W. P. **Das geographic system der climate**. In: W. Köppen and R. Geiger, editors, *Handbuch der Klimatologie*. C.G. Borntrager, Berlin. 1938. p. 1-44.

LIU, Z. et al. Yield response of spring maize to inter-row subsoiling and soil water deficit in Northern China. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, 2016.

NUNES, M. R. et al. Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 148, p. 119–126, 2015.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 2, p. 242–254, 2009a.

REICHERT, J. M. et al. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 310–319, 2009b.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico n. 5).

ZANDONÁ, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015.

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE MACRONUTRIENTES E PLANTAS DANINHAS NO VALE DO IVINHEMA, MATO GROSSO DO SUL

### *Spatial variability of macronutrients and weeds in the Ivinhema valley – Mato Grosso do Sul state*

Matheus Katriel dos Santos Araujo<sup>1</sup>, Grazieli Suszek<sup>2</sup>, Mauro de Lima<sup>3</sup>

<sup>1 2 3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, Rod. MS 473, KM 23  
- Fazenda Santa Bárbara, s/n, 79750-000, Nova Andradina – MS, Brasil,  
[matheus.araujo@novaandradina.org](mailto:matheus.araujo@novaandradina.org); [grazieli.suszek@ifms.edu.br](mailto:grazieli.suszek@ifms.edu.br); [mauro.lima@ifms.edu.br](mailto:mauro.lima@ifms.edu.br)

#### RESUMO

Durante a produção agrícola alguns fatores interferem no desenvolvimento das culturas, destacando-se a infestação de plantas daninhas e os atributos de solo. O objetivo desta pesquisa foi realizar o mapeamento da variabilidade espacial de macronutrientes, infestação de plantas daninhas e banco de sementes em área de plantio direto na região do vale do Ivinhema - MS. O experimento foi conduzido em uma área localizada no município de Nova Andradina/MS, georreferenciada e subdividida em 24 pontos amostrais. Em cada ponto foram feitas a amostragem de solo (0 - 0,20 m), o levantamento de daninhas e a coleta para banco de sementes (0 - 0,05 m). Para confecção dos mapas temáticos, foi utilizado o método de interpolação de dados, inverso do quadrado da distância (IQD). De acordo com o estudo, foi possível mapear a variabilidade espacial dos atributos analisados, sendo encontrada correlação entre atributos da fertilidade do solo e a infestação de plantas daninhas de folha larga. Além disso, pode-se observar que existe correlação entre o banco de sementes e a flora emergente de folhas estreitas.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Banco de sementes. Fertilidade do solo.

#### ABSTRACT

During agricultural production some factors interfere with crop development, such as the infestation of invasive plants and soil attributes. The goal of this research was to map the spatial variability of macronutrients, weed infestation and seed bank in no - tillage area in the Ivinhema valley region - MS. The experiment was conducted in an area located in Nova Andradina / MS, georeferenced and subdivided into 24 sampling points. At each point the soil was sampled (0 - 0.20 m), the invasive survey and seeds were collected for the seed bank (0 - 0.05 m). In order to make the thematic maps, the data interpolation method was used, inverse of the square of the distance (IQD). According to the study, it was possible to map the spatial variability of the analyzed attributes, which shows the correlation between soil fertility attributes and the weeds of broadleaf plants. Besides that, it can be observed that there is correlation between the seed bank and the emerging narrow leaf flora.

**Keywords:** Precision farming, weed seed bank, soil fertility.

### 1 INTRODUÇÃO

Durante a produção agrícola vários fatores interferem no desenvolvimento das culturas, gerando redução de produtividade e elevando os custos de produção. Dentre estes fatores pode-

se destacar a manifestação de plantas daninhas e a fertilidade do solo, sendo que geralmente esses atributos apresentam variabilidade nas áreas de cultivo.

Segundo Bernardi et al. (2014) o conhecimento da variabilidade da produção é útil para qualquer cultura, sejam aquelas cultivadas em pequenas áreas ou em grandes extensões de terra. Desta forma é indispensável utilizar técnicas e métodos que indique ao produtor onde ocorre a variabilidade em sua propriedade agrícola, para que desta maneira possa se ter uma melhor produção.

A agricultura de precisão (AP) conforme definição do MAPA (2009) é o conjunto de técnicas e metodologias que visam otimizar o manejo de cultivos e a utilização dos insumos agrícolas, proporcionando máxima eficiência econômica. As ferramentas de AP permitem o uso racional dos fertilizantes e agrotóxicos garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola.

De acordo com Pegoraro (2015) às plantas daninhas são definidas como espécies que ocorrem em lugares não desejados ao interesse do homem. Além disso essas plantas podem servir de hospedeiros de pragas e doenças, e limitam a absorção de água, nutrientes e radiação solar das culturas agrícolas. Ainda segundo Paes (2010) as plantas daninhas também interferem durante o processo de colheita, diminuem a qualidade dos produtos agrícolas e elevam os custos de produção, devido a utilização de métodos controle.

Gerhards et. al. (1997) explica que geralmente a distribuição de plantas daninhas em uma área pode ser de forma agrupada ou em reboleiras e está relacionada a biologia e a forma de dispersão da planta. Conforme a forma de distribuição das daninhas, define-se a utilização de técnicas de AP para um controle localizado das plantas daninhas. Heisel, Cristensen e Walter (1996), utilizando a pulverização localizada de herbicidas notaram economia de 66 a 75%, na aplicação.

Outra forma de controlar as plantas daninhas, é através do banco de sementes do solo. Observa-se que o banco de sementes no solo tem sido usado na literatura internacional para descrever o montante de sementes viáveis e outras estruturas de propagação presentes no solo ou nos restos vegetais (CARMONA, 1992). De acordo com Paes (2010) em solos cultivados, o banco de sementes é um sério problema à atividade agrícola, na medida em que garantem infestações de plantas daninhas por longo período de tempo, mesmo quando se impede a entrada de novas sementes na área.

Segundo Shiratsuchi, Christoffoleti e Fontes (2003), o conhecimento das características do banco de sementes é importante na adoção de técnicas de manejo em sistemas agrícolas. A caracterização do banco de sementes fornece informações históricas que influenciam nas práticas de manejo e possibilita a previsão de futuras infestações.

Shiratsuchi, Fontes e Resende (2005) verificaram uma alta correlação entre os atributos de fertilidade dos solos e o banco de sementes de plantas daninhas, onde notaram que quanto maior o valor de m% e menores os valores de V% e pH, maior a infestação do banco de sementes.

Segundo Souza e Lobato (2004) geralmente solos do cerrado, apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC), com acidez elevada e com baixo teor de nutrientes, especialmente de P, devido ao alto grau de intemperização e lixiviação. De acordo com Silva e Chaves (2001) exceto o pH do solo, os atributos químicos apresentam maior variação que os atributos físicos.

No entanto conforme Klink e Machado (2005) a baixa fertilidade dos solos pode ser corrigida, não constituindo como um obstáculo para a implantação de culturas nas áreas agrícolas



no bioma Cerrado. Sob essas condições de cultivo, Machado, Bernardi e Silva (2004) lembram que se a correção da fertilidade do solo não for realizada de modo adequado, os riscos de obtenção de baixas produtividades e de diminuição do lucro do agricultor aumentam.

Assim este trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento da variabilidade espacial de macronutrientes, infestação de plantas daninhas e banco de sementes em área de plantio direto na região do vale do Ivinhema - MS.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área experimental de 30x268m, localizado no município de Nova Andradina/MS, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, situado na latitude -22,08226514 e longitude de -53,46896072. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como tropical subtropical úmido e mesotérmico, possuindo altitude média de 380 m, com índices pluviométricos superiores a 1100 mm anuais e o solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico, sem horizonte A definido (Santos, et. al. 2013), textura muito arenosa com 82,68% areia, 2,6% silte e 14,72 de argila.

Para implantação do experimento, a área foi georreferenciada e subdividida em 24 pontos de amostragem (15x20 m), onde foram realizadas coletas de solo, plantas daninhas e banco de sementes.

Para amostragem de solo, coletou-se em cada ponto uma amostra composta de 8 sub-amostras (raio de 5m) na profundidade de 0-20cm com um trado holandês, sendo as mesmas, identificadas e encaminhadas para laboratório para análise química e física.

Para o levantamento das plantas daninhas foi realizada coleta com armação de 0,50m x 0,50m (0,25m<sup>2</sup>), lançado aleatoriamente 4 vezes nos 24 pontos de coleta, em cada lançamento as plantas passavam por processo de contagem e posterior corte rente ao solo, separação e classificação em folhas larga e folhas estreitas, acondicionamento em sacos de papel, identificação e encaminhamento para laboratório para determinação de biomassa após secagem em estufa a temperatura de 65°C por 72 horas, conforme descrito por Schaffrath, V.R. et.al.(2007). Posteriormente os dados foram transformados em kg/ha. As espécies presentes em cada área amostrada foram analisadas, conforme comunidades das espécies de plantas daninhas predominantes, conforme descreve Lorenzi (1986).

Já a análise de banco de sementes, foi realizada juntamente com o levantamento de plantas daninhas, onde em cada quadro de PVC lançado, era realizada a coleta de solo (0 - 0,05 m), totalizando 1 m<sup>2</sup> por ponto amostral, sendo conduzidas para casa de vegetação com ambiente controlado pertencente ao IFMS câmpus Nova Andradina, semanalmente realizou-se a contagem do número de plântula e estas foram separadas em monocotiledôneas e dicotiledôneas. A quantificação foi expressa em densidade de sementes por área (plantas/m<sup>2</sup>).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado de acordo com (Gomes 2000), sendo também realizadas análises de correlação de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling.

Segundo Filho, et al. (2014) através desta correlação pode-se elaborar associação entre os atributos avaliados, podendo variar entre 1 e -1. Sendo as correlações positivas significando

relação direta entre os atributos e as negativas correlações inversas. Os níveis de correlação podem ser divididos em muito baixa (0,0 a 0,1); baixa (0,1 a 0,3); moderada (0,3 a 0,5); alta (0,5 a 0,7); muito alta (0,7 a 0,9) e quase perfeita (0,9 a 1).

Devido ao quantitativo de amostras optou-se pelo interpolador Inverso do quadrado da distância (IQD), sendo os mapas foram construídos utilizado o software Surfer® 15, o IQD é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, ou seja, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será sua influência sobre o valor de inferência. Este método é considerado de acurácia satisfatória quando comparado a krigagem, podendo, em alguns casos, apresentar resultados semelhantes (SOUZA et al., 2010).

A similaridade dos mapas temáticos construídos a partir dos dados coletados, foi avaliada por meio de parâmetro estatístico: correlação linear de Pearson e analisado visualmente os mapas construídos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificadas 14 espécies, agrupadas em 11 famílias, sendo essas divididas em folha larga e folha estreita, as folhas larga em sua maioria pertencentes às famílias *Annonaceae*, *Fabaceae* e *Malvaceae*, destacaram-se por apresentar maior número de variedades. Observa-se que a área experimental possui em seu histórico o cultivo de pastagem, comum nessa região, contribuindo para que parte dessas espécies sejam consideradas nativas. Sendo predominante as espécies *Duguetia furfuracea* e *Chamaecrista nictitans*.

Na Tabela 1 são apresentados os valores de estatística descritiva para os atributos de fertilidade do solo e de plantas daninhas. Pode-se observar que de acordo com interpretação proposta por Souza e Lobato (2004) para os níveis de fertilidade do solo no bioma do cerrado, os valores médios dos atributos químicos, apresentaram-se baixos nos atributos P, K e Al, adequadas para pH, Ca, Mg, V %, M.O. e médio para CTC.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1, somente o pH, Mg e V% apresentaram CV Baixo e médio, já para os demais atributos avaliados o coeficiente de variação foram classificados alto a muito alto, mostrando que o conjunto de dados apresenta heterocedasticidade.

Segundo Machado et al. (2004), a variabilidade da fertilidade do solo pode ser consequência do manejo de adubação e da forma de cultivo implantado na área. Schindwein e Anghinoni (2000) em seu trabalho sobre variabilidade espacial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto, também encontraram maior variabilidade horizontal para fósforo e potássio. Zonta et. al. (2014) explicam que a alta variabilidade de teores P nos solos pode ser justificada, pelo fato da adubação ser realizada na linha de plantio o que resulta na desuniformidade na área e em razão da baixa mobilidade deste nutriente no solo.

Na análise de plantas daninhas pode-se notar uma variabilidade muita alta dos dados avaliados (CV>30%), estando isso vinculado a forma de distribuição das plantas em manchas ou reboleiras (GERHARDS et al., 1997; SCHAFFRATH et al., 2007). Conforme Clay et al. (1999), a distribuição espacial do tipo agregada é característica da maioria das espécies de plantas daninhas.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos macronutrientes do solo, plantas daninhas, biomassa e banco de sementes para área experimental localizada no Vale do Ivinhema – MS.

Atributos	Média	Mediana	DP	C.V.	Máximo	Mínimo
pH (CaCl <sub>2</sub> 0,01M)	5,10	4,97	0,44	8,5	5,85	4,45
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,80	0,71	3,14	174,8	14,25	0,09
K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,02	0,02	0,01	27,2	0,04	0,02
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,30	1,10	0,70	53,7	3,70	0,90
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,89	0,85	0,14	15,8	1,20	0,70
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,16	0,09	0,21	127,5	0,69	-
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,50	1,40	0,34	22,4	2,40	1,00
SB	2,21	1,93	0,80	36,2	4,92	1,62
C.T.C.(cmolc/dm <sup>3</sup> )	3,72	3,52	0,80	21,5	6,14	3,02
V%	58,66	56,50	8,90	15,2	80,40	43,50
M%	7,09	2,45	8,65	122,0	27,70	-
M.O. (g/dm <sup>3</sup> )	13,54	12,57	3,14	23,2	21,32	9,84
F.E. (plantas/m <sup>2</sup> )	0,79	-	1,35	170,6	4,00	-
F.L. (plantas/m <sup>2</sup> )	7,63	7,00	4,33	56,8	20,00	1,00
Biomassa (F.E.)	7,61	-	32,78	430,8	161,00	-
Biomassa (F.L.)	210,21	115,50	247,50	117,7	972,00	7,99
B.S. Mono (plantas/m <sup>2</sup> )	138,89	-	440,80	317,4	2143	-
B.S. Dico (plantas/m <sup>2</sup> )	168,65	59,52	240,46	142,58	833	-

Obs.: S.B. - Soma das Bases; V% - Saturação de bases; M% - Saturação por alumínio; M.O. – Matéria orgânica; F.E.- Folha estreita; F.L.- Folha larga; B.S.- Banco de sementes; Mono - Monocotiledônea; Dico - Dicotiledônea.

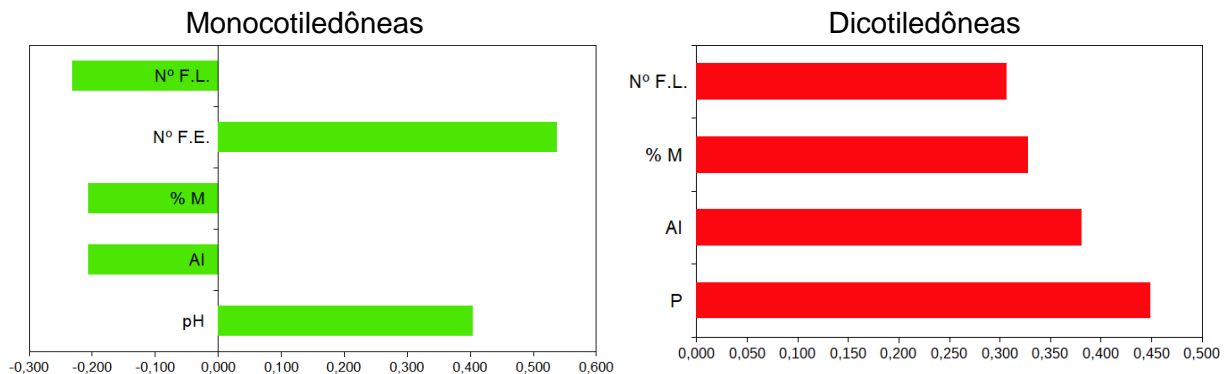
O Banco de sementes apresentou elevado número de germinações, apresentando máximo de até 2143 sementes m<sup>-2</sup> (monocotiledôneas), porém foram observadas amostras sem nenhuma germinação, ocasionando valores elevado de CV (Tabela 1). Para Shiratsuchi, Fontes e Rezende (2005), isso demonstra comportamento espacial de alto grau de contagiosidade (agregado) das plantas daninhas, resultando na ocorrência de manchas de infestações.

O resultado da análise de correlação linear de Pearson (r) mostrou que existe correlação positiva muito alta entre P e K (r=0,735). Quando observada a infestação de plantas daninhas de folha larga percebeu-se correlação moderada positiva com Al (0,493) e M% (0,437), já com pH (-0,424), e infestação de Folha estreita (-0,378) moderada negativa, desta forma quando reduz-se Al e M% e aumenta-se o pH, existe a tendência de redução na infestação de folhas largas. A relação entre folhas largas e estreitas como era de se esperar mostrou-se inversamente proporcional.

Nas figuras 2 é possível observar a correlação significativas entre o banco de semente e os atributos de fertilidade do solo e plantas daninhas, verifica-se correlações positivas entre monocotiledôneas e N° de FE e pH e negativas entre N° de FL, %M e Al, assim percebe-se que a redução de Al e %M e aumento do pH podem influenciaram o aumento do banco de sementes de espécies monocotiledôneas. Em se tratando de dicotiledôneas os atributos M%, Al, P quando em menores teores podem aumentar o banco de sementes dessas espécies. Segundo Shiratsuchi, Fontes e Rezende (2005), é possível identificar alta correlação entre o banco de semente de

invasoras e a fertilidade do solo, onde pode-se utilizar os mapas de solos como subsídio para a geração de mapas do banco de sementes.

Figura 2 - Coeficiente de correlação linear de Pearson (r), para a variável de banco de sementes (monocotiledôneas e dicotiledôneas) da experimental - Vale do Ivinhema/MS.



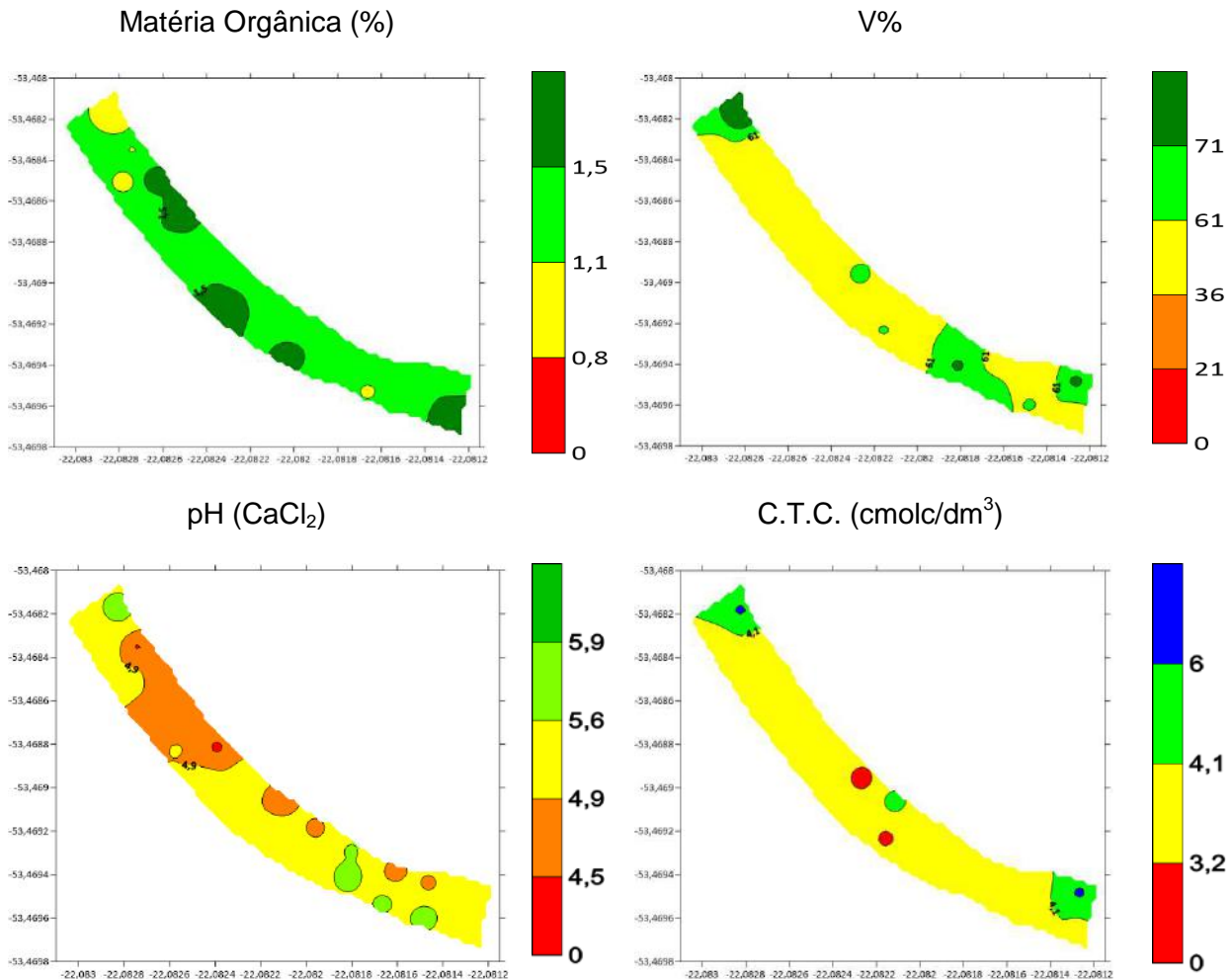
As Figuras 3, 4 e 5 apresentam os mapas temáticos dos atributos analisados da área experimental. A M.O. variou de 0,8 a 1,5 (Figura 3), segundo Souza e Lobato (2004) teores acima de 1,1 apresentam-se adequados, porém pode-se observar áreas que necessitam de um manejo localizado, para melhoria desse atributo. De acordo com o mapa de V% observa-se variação entre os teores de fertilidade ao longo da área experimental. Resultado semelhante foi constatado por Machado, Bernardi e Silva (2004) em área de plantio direto.

No mapa temático de C.T.C. é possível observar que houve variação ao longo da área, apresentando em sua maioria zonas homogêneas com média capacidade de troca de cátions. Segundo Lopes (1998) solos arenosos apresentam menor capacidade de retenção de cátions, fazendo com que a dose de aplicação de fertilizantes deva ser parcelada e planejada para se evitar perdas por lixiviação.

A distribuição de plantas daninhas em sua maioria apresentou-se agregada Figura 4, conforme explica Schaffrath et al. (2007) esse fato justifica as medidas de controle realizadas localmente, sendo a aplicação dos herbicidas podendo ser realizada em taxa variável.

Na Figura 4 observa-se que a infestação de plantas de folha estreita apresentou maior variação que a de folhas larga podendo ser verificado também na Tabela 1, porém no mapa é possível observar que devido à baixa quantidade de plantas e apresentação de uma maior zona com baixa incidência (em quase 91% da área a infestação é de até de 2 plantas/m<sup>2</sup>) não é necessário o controle para folha estreita. Isto também pode ser visualizado nos mapas de banco de sementes e comprovado com a tabela 2 onde é possível verificar a existência de correlação entre os dados mapas da infestação de plantas daninhas e do banco de sementes.

Figura 3 - Mapas de variabilidade espacial da fertilidade do solo da área experimental – Vale do Ivinhema/MS.



Na figura 5 verifica-se a variabilidade espacial do banco de sementes da área experimental avaliada, visualmente pontos com maior número de plantas, também observou-se maior emergências no banco de sementes, esse fato também pode ser observado na correlação entre o banco de sementes e a flora emergente (Figura 2) que apresentou-se significativa.

Shiratsuchi (2001) e Shiratsuchi, Fontes e Rezende (2005), também observaram correlações entre o banco de semente e a flora emergente, mostrando que o resultado do banco de sementes pode ser utilizado para prever locais com maior probabilidade de infestações de plantas daninhas em áreas de cultivo agrícola.

Figura 4- Mapas de variabilidade espacial de plantas daninhas na área experimental – Vale do Ivinhema/MS.

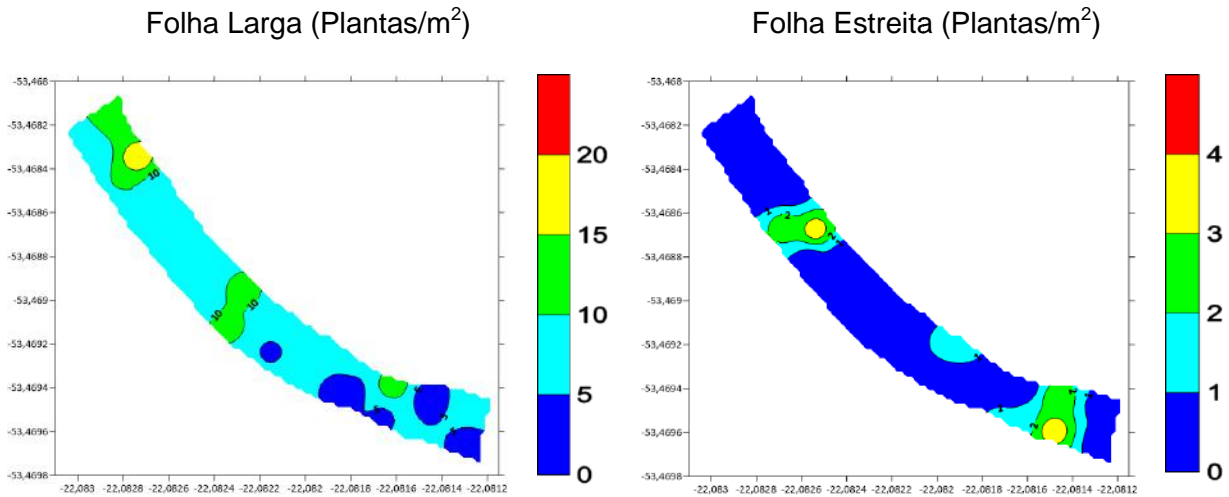
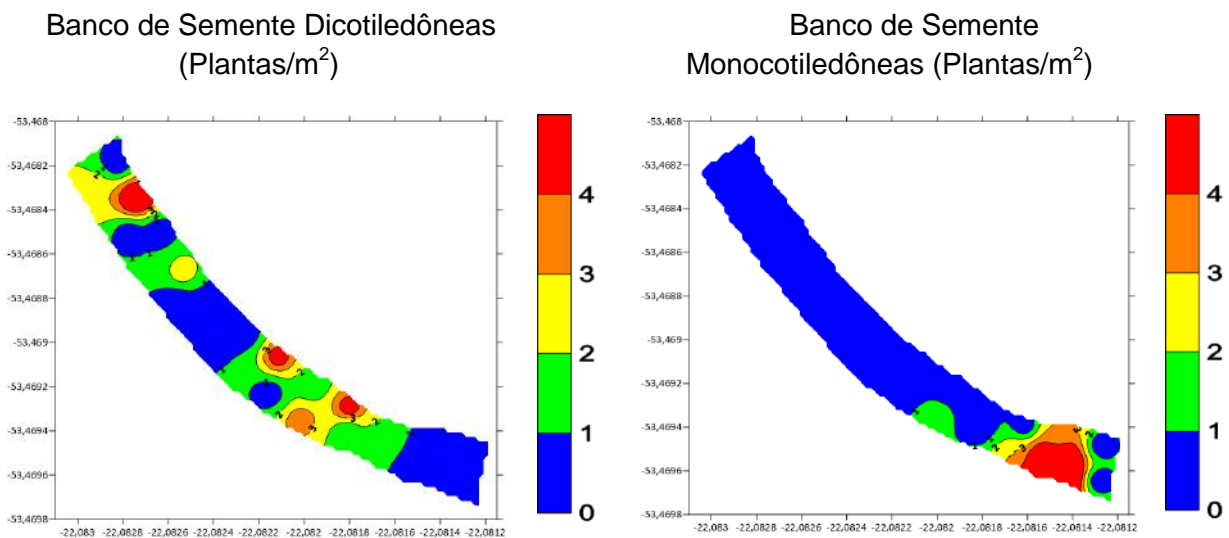


Figura 5 - Mapas de variabilidade espacial do banco de sementes da área experimental – Vale do Ivinhema/MS.



Fonte: Autor

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas gerados mostraram variação espacial na fertilidade do solo, infestação de plantas daninhas e banco de sementes. Encontrou-se correlação entre a infestação de plantas daninhas e o banco de sementes, com isso pode-se utilizar mapas de infestação de algumas espécies para prever locais com maior probabilidade de infestações.

Além disso foi possível observar correlação entre a fertilidade do solo e a infestação de plantas daninhas de folha larga, sendo possível a utilização dos mapas temáticos de fertilidade para observar a distribuição de algumas daninhas.

Foi possível mapear a distribuição dos atributos analisados com a técnicas de Agricultura de precisão, e que através destes mapas pode-se realizar o manejo localizado para correção e controle dos fatores avaliados de forma consciente.

## REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. C; Et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 31 p.

BOTTEGA, E.L. et.al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, jan-mar, 2013.

CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, v. 10, n. 1/2, 1992.

CLAY, S. A.; LEMS, G. J.; CLAY, D. E.; ELLSBURRY, M. M.; CARLSON, C. G. Sampling weed spatial variability on a fieldwide scale. **Weed Science**, v. 47, n. 5, p. 674-681, 1999.

DALCHIAVON, F.C.; Et al. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p. 453-461, 2012.

FILHO, D.B.F. et. al. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: O retorno. **Leviathan. Cadernos de Pesquisa Política**. N. 8, pp.66-95, 2014.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14a ed. Piracicaba, Degaspari. 2000. 477p.

GERHARDS, R.; Et al. Characterizing spatial stability of weed populations sing interpolated maps. **Weed Science**, v. 45, n. 1, p. 108-119, 1997.

HEISEL, T.; CRISTENSEN, S.; WALTER, A. M. **Weed managing model for patch spraying in cereal**. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, Proceedings. 1996. p. 999 – 1007

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v. 01, n. 01, p. 147-155, 2005.

KNOB, Marcelino Joao, **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades**.2006.129f. Dissertação (mestrado). UFSM - Santa Maria, 2006.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v.25,p.185-190, 2009.

LOBATO E.; SOUZA, D.M.G. **CERRADO correção do solo e adubação**.2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2004.416p.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade de solo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. Nova Odessa: [s.n.], 1986. 220 p.

MACHADO, P.L.O.A.; BERNARDI, A.C.C.; SILVA, C.A. **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. (Ed.). - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 209p.

PAES, H.M.F. **Estudo fitossociológico e georreferenciamento na cultura de girassol em função de diferentes manejos**. 2010. 115f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade estadual do norte fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes - RJ.

PEGORARO, C. **Técnicas de agricultura de precisão no mapeamento de plantas daninhas**. 2015. 31 f. TCC (Bacharel em Agronomia) - UFSC, Curitiba - SC.

SANTOS, H.G., Et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHAFFRATH, V.R.; Et al. Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.53-60, 2007.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade espacial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 24, n.1, p. 85-91, 2000.

SHIRATSUCHI, L.S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com utilização de ferramentas de Agricultura de Precisão**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). ESALQ/USP - Piracicaba - SP

SHIRATSUCHI, L.S; CHRISTOFFOLETI, P.J.; FONTES, J.R.A. **Mapeamento da variabilidade espacial de plantas daninhas**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2003. 30p.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; RESENDE, A. V. Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com a fertilidade dos solos. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 429-436, 2005.

SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e



matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 431-436, 2001.

SOUZA, G.S. de et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na especialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, 2010.

ZONTA, J.H. et. al. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.595–602, 2014.

## VARIABILIDADE ESPACIAL DO pH E ALUMÍNIO DO SOLO EM DIFERENTES CAMADAS

### *Space variability of soil pH and aluminum in different layers*

Gabriela Benini <sup>1</sup>, João Paulo Hubner <sup>1</sup>, Leonardo Seibel Sander <sup>1</sup>, Julia Letícia Cassel <sup>1</sup>,  
Juliano Dalcin Martins <sup>1</sup>, Daniel Uhry <sup>1</sup>, Jardel Henrique Kirchner <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, Rua  
Nelsi Ribas Fritsch, 1111, 98200-000, Ibirubá – Rio Grande do Sul, Brasil,

**gaby\_benini@hotmail.com; joaopaulo.hubner@hotmail.com;**  
**leonardo.sander@ibiruba.ifrs.edu.br; julia\_cassel09@hotmail.com;**  
**juliano.dalcin@ibiruba.ifrs.edu.br; daniel.uhry@ibiruba.ifrs.edu.br;**  
**jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br**

### RESUMO

A variabilidade espacial dos atributos do solo ocorre de devido a fatores de formação do solo, ou por efeitos antrópicos. O estudo detalhado da variabilidade espacial dos atributos do solo, visa a otimização da aplicação de insumos, objetivando um melhor controle do sistema de produção. O estudo foi realizado em área de 10,5 hectares com sistema plantio direto consolidado, e foi inicialmente dividida em grids de amostragens de 0,5 ha, (22 pontos), dos quais 10 foram selecionados a partir de faixas de pH, oriundas da análise de solo da camada 0-10 cm. A partir da identificação dos novos pontos, foram realizadas coletas de solo de camadas estratificadas em cada ponto, e determinado pH e Al<sup>3+</sup>. Foi possível verificar que o perfil do solo apresenta gradiente de pH, decrescendo em profundidade acidificando o solo e liberando Al<sup>3+</sup>. A estratificação do solo em camadas apesar de se mostrar precisa, pode não ser necessária, visto que a variação dentro da camada não é significativa, e quando detectado a presença de alumínio na camada mais superficial, pode-se verificar que a presença deste elemento é maior em camadas profundas, devido a aplicação de corretivos em superfície sem incorporação e o longo período de reatividade do produto no solo.

**Palavras-chave:** Potencial Hidrogeniônico. Parâmetros químicos.

### ABSTRACT

Spatial variability of soil attributes occurs due to soil formation factors or anthropogenic effects. The detailed study of the spatial variability of soil attributes, aims to optimize the application of inputs, aiming a better control of the production system. The study was carried out in an area of 10.5 hectares with a consolidated no-tillage system, and was initially divided into 0.5 ha sampling grids (22 points), of which 10 were selected from pH ranges from soil analysis of the 0-10 cm layer. From the identification of the new points, soil samples were collected from stratified layers at each point, and determined pH and Al<sup>3+</sup>. It was verified that the soil profile presents pH gradient, decreasing in depth acidifying the soil and releasing Al<sup>3+</sup>. The stratification of the soil in layers, although accurate, may not be necessary, since the variation within the layer is not significant, and when detected the presence of aluminum in the most superficial layer, it can be verified that the presence of this element is higher in deep layers, due to the application of concealers on surface without incorporation and the long reactivity period of the product in the soil.

**Keywords:** Hydrogen potential. Chemical parameters.

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo detalhado da variabilidade espacial dos atributos do solo, visa a otimização da aplicação localizada de corretivos e fertilizantes, objetivando um melhor controle do sistema de produção das culturas. Pela própria natureza dos fatores responsáveis pela sua formação, além de outros aspectos relacionados ao manejo da lavoura e do solo, e demais efeitos antrópicos da agricultura, o solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontal (CARVALHO et al., 2003).

No caso de uma área cultivada, existem outras fontes de variabilidade no solo devidas ao manejo exercido pelo homem, como o cultivo em linhas e a consequente aplicação localizada de fertilizantes (JOHNSON et al., 1996; SOUZA et al., 1997). Áreas pedologicamente similares podem apresentar diferença na variabilidade quando submetidas a diferentes práticas de manejo. E áreas pedologicamente diferentes, quando submetidas ao mesmo manejo, podem apresentar atributos semelhantes (CORÁ et al., 2004). O conhecimento da variação de atributos químicos é importante para o levantamento e manejo do solo, planejamento de esquemas de amostragem e gerenciamento de práticas agrícolas. A variabilidade dos atributos químicos do solo são alguns dos possíveis responsáveis pela influência na oscilação da produtividade.

Dessa forma, o sucesso da recomendação de corretivos e fertilizantes são dependentes sobremaneira dos procedimentos adotados na coleta do solo submetido a análise (ACQUA, 2013). Contudo, por mais que uma amostra de solo seja representativa de determinado local amostrado, está ainda poderá não representar uma determinada camada de solo que é heterogênea, o que pode implicar em um diagnóstico equivocado deste local.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial do pH e do alumínio do solo em diferentes camadas em um Latossolo Vermelho Distroférico típico, buscando verificar se há necessidade e viabilidade de estratificar a coleta do solo em camadas, ou então, a coleta de uma camada maior é suficientemente representativa.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

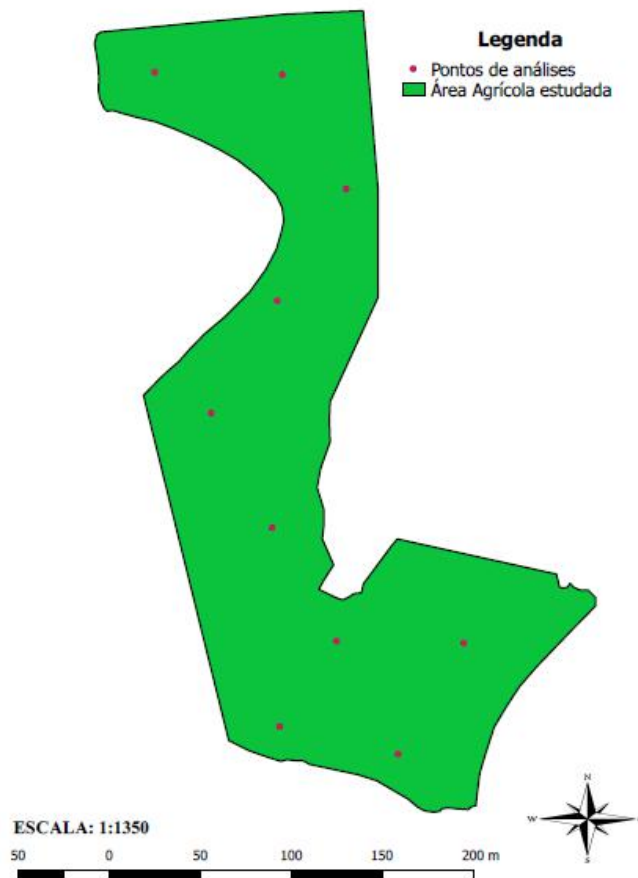
O presente estudo foi realizado na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá, situada na região fisiográfica do Planalto Médio, Rio Grande do Sul, Brasil, com clima Cfa - subtropical úmido (MORENO, 1961). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (EMBRAPA, 2006). Com altitude média de 416 m acima do nível do mar, e a área de lavoura utilizada está localizada sob coordenadas de latitude 28°39'13.99" S e longitude 53°6'31.23" O, e possui aproximadamente 10,5 hectares com sistema plantio direto consolidado.

Para realização das análises e coletas de solo da área, esta foi dividida em grids de amostragem de 0,5 hectares, utilizando o software QGIS 2.18, totalizando 22 pontos de análise. A partir de uma primeira coleta de solo da camada de 0-10 cm, baseada nos conceitos da coleta tradicional de solo, com 10 sub amostras por ponto amostrado, coletadas em um raio de 20 metros do ponto central. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos e Tecido Vegetal do IFRS – Campus Ibirubá para determinação do pH do solo através da metodologia padrão 1:1.

A partir da primeira coleta e dos resultados de pH, foram identificados 10 pontos na área (Figura 1), com 4 faixas de pH distintos, totalizando 3 pontos por faixa de pH. As faixas de pH foram 5,00 a 5,39; 5,40 a 5,89; 5,90 a 6,39 e 6,40 a 6,89. A partir de uma segunda coleta de solo,

na qual foi realizada nos devidos pontos pré-definidos, foi realizada a estratificação da camada coletada. As coletas foram realizadas em diferentes profundidades sendo estas, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 0-10 cm e 10-20 cm. As amostras devidamente identificadas, com seus respectivos pontos e camadas, foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Tecido Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá e submetidas a análises de pH e alumínio.

Figura 1 – Pontos de análise da área agrícola estudada.



Fonte: Os autores.

### 3 RESULTADOS E DISSCUSSÃO

Os resultados de pH (potencial hidrogeniônico) apresentados na Tabela 1, demonstram a grande variabilidade deste atributo químico na área agrícola estudada a partir da análise da camada de 10 cm, podendo se observar uma amplitude que variou de 5,37 (Ponto 3) até 6,81 (Ponto 9). Ainda, pode-se verificar que há variabilidade do pH no perfil do solo, visto que, o mesmo apresenta um gradiente do potencial hidrogeniônico, reduzindo em média o valor de pH conforme decresce a profundidade da análise.

Tabela 1 – pH do solo da camada de 0–10 cm e das camadas estratificadas para cada ponto amostrado e seus respectivos resultados de alumínio ( $Al^{3+}$ ) dados em  $cmol_c\ dm^{-3}$  para a área agrícola estuda no Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Ibirubá, RS.

Ponto	Camada 0-10 cm		Camada 0-5 cm		Camada 5-10 cm	
	pH	$Al^{3+}$	pH	$Al^{3+}$	pH	$Al^{3+}$
1	6,50	0,00	6,50	0,00	5,91	0,00
2	5,94	0,00	6,00	0,00	5,82	0,00
3	5,37	0,56	5,72	0,10	5,05	1,38
4	6,15	0,00	6,10	0,00	5,36	0,00
5	5,60	0,08	5,91	0,00	5,33	0,04
6	5,71	0,03	6,08	0,00	6,03	0,42
7	6,40	0,00	6,47	0,00	5,85	0,00
8	6,70	0,00	6,65	0,00	6,71	0,00
9	6,81	0,00	6,84	0,00	6,16	0,00
10	6,48	0,00	6,65	0,00	5,97	0,00
<b>Média</b>	<b>6,16</b>	<b>0,07</b>	<b>6,29</b>	<b>0,01</b>	<b>5,82</b>	<b>0,18</b>

Conforme verificado na tabela 1, observa-se que os resultados de pH da camada de 0-5 cm tendem a subestimar os valores da camada 0-10, exceto para os pontos 1, 4, 7 e 9, onde os valores foram tanto menores para a camada estratificada, ou muito próximos do pH da camada 0-10 cm. Para a camada 5-10 cm, os resultados de pH tenderam em média, a reduzir em relação à camada 0-10 cm. Os resultados corroboram com Teixeira et al. (2003) onde através de análises de pH realizadas pela metodologia padrão de laboratório, constatou-se que os valores de pH do solo na superfície são maiores do que em profundidade em áreas de sistema plantio direto consolidado, e que os valores deste parâmetro químico reduzem na medida em que aumenta a profundidade do solo.

Segundo alguns autores, a correção da acidez do solo no sistema convencional, pressupõe a incorporação do calcário através de arações e gradagens, práticas características desse sistema. Entretanto, estas práticas mecânicas, apesar de diminuir a variabilidade do pH do solo em profundidade, provocam alterações prejudiciais nas características físicas do solo (GATIBONI et al., 2003). Já no sistema plantio direto (SPD), a aplicação de corretivos agrícolas é realizada superficialmente e não há incorporação do produto após a aplicação, podendo as partículas finas deslocar-se para camadas mais profundas, contudo, ocorre naturalmente o aumento do pH e neutralização do alumínio tóxico na superfície do solo (AMARAL et al., 2001).

O histórico da área agrícola estudada no presente trabalho, é com sistema plantio direto consolidado e aplicação de corretivos agrícolas em superfície sem a incorporação do mesmo, o que reflete neste gradiente de pH ao longo do perfil do solo.

O sistema de recomendação de aplicação de corretivos agrícolas para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2016) é baseado na análise e interpretação do pH, índice SMP e saturação por bases. Para os dois estados, o pH é um indicativo da tomada de decisão, ou seja, se deve-se aplicar ou não o corretivo agrícola. O pH crítico estimado para tomada de decisão é 5,5, onde a partir de redução deste valor, ou seja, acidificação do solo, ocorre o aumento dos níveis de  $Al^{3+}$  tóxico, e a redução dos demais nutrientes, como cálcio, magnésio, enxofre, potássio, nitrogênio, boro, entre outros.

Diante disso, podemos observar também na tabela 1 que os teores de alumínio aumentam conforme aumenta a acidificação do solo ou reduz o pH.

Podemos observar que para a camada de 10 cm, os teores de alumínio estão presentes em três pontos amostrados, além de serem teores baixos. Contudo, verifica-se que para a camada 0-5 cm, somente no ponto 3 constatou-se alumínio no solo. Para este ponto, pode-se averiguar que o pH do solo é muito próximo de 5,5, o que aumenta a disponibilidade de  $Al^{3+}$ . Além do pH mais elevado na superfície do solo, possivelmente os teores de matéria orgânica nesta camada também são maiores, se tratando de uma área com SPD consolidado, a qual atua na complexação do  $Al^{3+}$  (MENDONÇA, 1995).

É possível verificar ainda, que o diagnóstico da camada de 0-10 cm pode não ser representativo quando comparado com os resultados da camada estratificada. Para os pontos 3 e 5 por exemplo, os valores de alumínio na camada 0-5 são nulos ou muito baixos, e para a camada 5-10 os teores são elevados ou maiores que a camada inferior, podendo estabelecer assim, que pode haver uma variação nos teores de  $Al^{3+}$  do solo dentro da camada de 10 cm. Além disso, a camada 5-10 apresenta geralmente os maiores teores de alumínio, fato este relacionado ao pH do solo ser mais ácido, conseqüentemente, esta camada contribui significativamente na representação do teor de alumínio da camada 0-10, demonstrando que quando verificado a presença de  $Al^{3+}$  na camada de 10 cm, possivelmente os teores são maiores em profundidades, e é necessário a aplicação de corretivos agrícolas para a correção deste elemento químico que pode limitar o crescimento radicular.

Segundo Zambrosi et al. (2007) o efeito negativo da toxidez por  $Al^{3+}$  na produção agrícola não tem sido observado na maior parte dos solos cultivados no SPD, contudo, Ronquim (2010) destaca que o alumínio no solo é considerado o inimigo número um de todas as culturas agrícolas, e se for absorvido, pode alterar a fisiologia e a morfologia da planta cultivada. Dessa forma, faz-se necessário a correção do pH do solo quando o mesmo se apresenta próximo ou inferior a 5,5.

Os resultados de pH (potencial hidrogeniônico) apresentados na Tabela 2, assim como na tabela 1, demonstram a grande variabilidade deste atributo químico na área agrícola estudada a partir da análise da camada de 20 cm, podendo se observar uma amplitude que variou de 5,13 (Ponto 5) até 6,40 (Ponto 9).

Conforme verificado na tabela 2, pode-se observar que os resultados de pH da camada de 10-15 cm foram muito próximos da camada 10-20 cm, exceto para os pontos 2 e 4, onde os valores observados subestimaram os valores da camada de 10-20 cm. Para camada de 15-20 cm, os resultados obtidos foram semelhantes ou bem próximos à camada 10-20 cm, com exceção dos pontos 1, 2, 7 e 8 que subestimaram os valores de pH. Quando comparada à média das camadas de 10-20 e da estratificação das camadas de 10-15 e 15-20, estas se apresentaram exatamente iguais.

Na tabela 2, pode-se observar que, quando o pH do solo está próximo ou igual a 5,5 há presença de alumínio. Na camada de 10-20 cm todos os pontos que apresentaram pH menor ou igual a 5,5, possuem a presença de alumínio, com exceção dos pontos 1, 2 e 10 que o pH se apresentou em 5,85, 5,66 e 6,04 respectivamente. Para estes pontos, pode-se constatar que o pH do solo é muito próximo de 5,5 favorecendo o aumento da disponibilidade de  $Al^{3+}$ .

Na camada de 10-15 cm o mesmo ocorre nos pontos 1, 2 e 7. Quando comparado o pH com a quantidade de alumínio presente no solo da camada de 15-20 cm os pontos 1, 2 e 7 apresentaram presença de alumínio, mesmo com o pH acima de 5,5. Esse fato pode ser explicado devido a possíveis erros de análise laboratorial ou, devido ao pH se apresentar em um faixa próxima e não muito elevada a 5,5.

Tabela 2 – pH do solo da camada de 10–20 cm e das camadas estratificadas para cada ponto amostrado e seus respectivos resultados de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) dados em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  para a área agrícola estuda no Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Ibirubá, RS.

Ponto	Camada 10-20 cm		Camada 10-15 cm		Camada 15-20 cm	
	pH	$\text{Al}^{3+}$	pH	$\text{Al}^{3+}$	pH	$\text{Al}^{3+}$
1	5,85	0,40	5,79	0,19	5,93	0,43
2	5,66	0,31	5,86	0,10	5,74	0,14
3	5,29	1,18	5,31	1,80	5,25	1,43
4	5,52	0,16	5,90	0,00	5,31	0,99
5	5,13	2,03	5,19	1,21	4,97	2,20
6	5,16	2,31	5,14	0,16	4,97	1,92
7	5,71	0,00	5,64	0,16	5,81	0,08
8	6,37	0,00	6,32	0,00	6,66	0,00
9	6,40	0,00	6,32	0,00	6,37	0,00
10	6,04	0,09	5,94	0,00	5,88	0,00
<b>Média</b>	<b>5,71</b>	<b>0,65</b>	<b>5,74</b>	<b>0,36</b>	<b>5,69</b>	<b>0,72</b>

É possível verificar ainda, que a presença de alumínio na camada de 10-20 é maior do que na camada de 10, contudo, para todos os pontos onde constatou-se alumínio na camada 0-10 também averiguou-se a presença de  $\text{Al}^{3+}$  em profundidade. Cabe destacar, que conforme apresentado na tabela 1, onde havia alumínio nos pontos 3, 5 e 6, conforme a análise da camada 0-10 cm, foram os locais com a maior presença deste elemento na camada 10-20, com 1,18, 2,03 e 2,31  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  para os respectivos pontos. Além disso, alguns pontos que não apresentaram alumínio na camada de 10 cm apresentaram  $\text{Al}^{3+}$  na camada de 10-20, aos quais foram os pontos 1, 2, 4 e 10.

Sousa (2004) propõe em sua recomendação de adubação e calagem para o Cerrado que em solos com elevada acidez em camadas mais profundas (10-20 cm) deve ser aplicada a quantidade de calcário recomendada para a correção da acidez na camada de 0-20 cm e se efetuar a incorporação. Assim, como Kaminski et al. (2000). afirmam que, para ocorrer migração do calcário no perfil do solo, a quantidade deverá ser suficiente para neutralizar o Al trocável das camadas em contato, e os efeitos da calagem ocorrerão em profundidade após o pH do solo na zona de dissolução do calcário alcançar valores em torno de 5,2 a 5,5.

#### 4 CONCLUSÃO

Por fim, pode-se concluir que quando a coleta de solo é realizada na camada de 0-10 cm ou 10-20 cm comparada a estratificação de camadas, realizando-se uma média de camadas 0-5/5-10 cm e 10-15/15-20 cm (pH médio da camada), os resultados obtidos são semelhantes, não sendo necessária a estratificação de camadas. Porém quando comparada a metodologia padrão de coleta solo 0-10 cm com a coleta de solo na camada de 0-5 cm percebe-se que os valores de pH obtidos são muito superiores na camada 0-5 cm fato este que pode ser justificado devido a aplicação de corretivos nesta área agrícola ser realizada superficialmente e não incorporada ao solo.

Além disso pode-se constatar que o quando o pH apresenta-se muito próximo ou semelhante a 5,5, ocorre a acidificação do solo, ou seja, aumento dos níveis de Al<sup>+</sup> tóxico. Justificando a estratificação das diferentes camadas do solo 0-10 cm e 10-20 cm, pois o alumínio tóxico pode ser encontrado em várias camadas do solo, enquanto que quando se realiza uma coleta total e não estratificada do solo, subestima-se ou superestima-se os valores, prejudicando o desenvolvimento das plantas devido à falta de nutrientes necessários e pela presença do Al<sup>+</sup> tóxico. Quando o alumínio tóxico se encontra em camadas mais profundas recomenda-se a incorporação de corretivos agrícolas para a correção da camada.

## REFERÊNCIAS

- ACQUUA, N. H. D. et al. **Métodos de amostragem de solos em áreas sob plantio direto no Sudoeste Goiano**, Campina Grande, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.2, p.117–122, 2013.
- AMARAL, S.A. et al. **Movimentação vertical do calcário da superfície do solo no sistema plantio direto**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28. 2001, Londrina. Anais Londrina: SBCS, 2001. p.114.
- CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. **Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.4, p.695-703, 2003.
- CORÁ, J.E. et al. **Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- GATIBONI, L. C. et al. **Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado**, Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.2, p.283-290, mar-abr, 2003. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/331/33133216.pdf>>.
- JOHNSON, G. et al. **Spatial and temporal analysis of weed populations using geostatistics**, Weed Science, Champaign, v.44, n.3, p.704-710, 1996.
- KAMINSKI, J. et al. **Resposta de culturas à aplicação de calcário em superfície ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural**, Ci. Rural, 30:605-609, 2000.
- MENDONÇA, E.S. **oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.19, p.25-30, 1995.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.



COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande Do Sul e Santa Catarina**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. RS/SC, 2016. 376 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**, 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004.

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**, Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010 26 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SOUZA, L.S. et al. **Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.21, n.3, p.367-372, 1997.

TEIXEIRA, I. R. et al. **Varição dos valores de ph e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em argissolo vermelho-amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo**, Bragantia, Campinas, v.62, n.1, p.119-126, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v62n1/18508.pdf>>.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. F.; CAIRES, E. F. **Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em latossolo sob sistema plantio direto**, Bragantia, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v66n3/a16v66n3.pdf>>.

## VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS DOS SOLOS, SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

*Spatial-temporal variability of soil mechanical resistance to penetration  
and relations with different physical properties, under different  
management systems*

Matheus Ribeiro Gorski<sup>1</sup>, Júlio Cesar Wincher Soares<sup>1</sup>, Lucas Nascimento Brum<sup>1</sup>, Daniel Nunes Krum<sup>1</sup>, Higor Machado de Freitas<sup>2</sup>, Otávio Garcia Medeiros<sup>1</sup>, Vitória Silva Coimbra<sup>1</sup>, Thaynan Hertz de Lima<sup>1</sup>, Gabriel Rodrigues Gomes<sup>1</sup>, Luryan Delevati Dorneles<sup>1</sup>, Vanessa Tadiello Gampert<sup>1</sup>, Thuanny Malavolta Couceiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Avenida Batista Bonotto Sobrinho 733, 97700000, Santiago – Rio Grande do Sul, Brasil, [matheusgorski3@gmail.com](mailto:matheusgorski3@gmail.com); [juliowinche@gmail.com](mailto:juliowinche@gmail.com); [lucasbrum13@hotmail.com](mailto:lucasbrum13@hotmail.com); [gabgomes136@gmail.com](mailto:gabgomes136@gmail.com); [vanessa@urisantiago.br](mailto:vanessa@urisantiago.br); [matheusgorski3@gmail.com](mailto:matheusgorski3@gmail.com); [lurydd@live.com](mailto:lurydd@live.com); [otaviogarciamedeiros@outlook.com](mailto:otaviogarciamedeiros@outlook.com); [daniel.krum@hotmail.com](mailto:daniel.krum@hotmail.com); [toiacoimbra1@hotmail.com](mailto:toiacoimbra1@hotmail.com); [thaynanh.lima@hotmail.com](mailto:thaynanh.lima@hotmail.com); [thuannycouceiro@gmail.com](mailto:thuannycouceiro@gmail.com).

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima 1000, 97105900, Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil, [higormfreitasagro@gmail.com](mailto:higormfreitasagro@gmail.com)

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal da resistência mecânica à penetração e suas relações com diferentes propriedades físicas dos solos, em diferentes sistemas de manejo. Foram realizadas prospecções por meio de 52 pontos de uma malha fixa, multitemporal (2016 a 2019), com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0 a 0,2 m, numa área de 1,17 ha. Nos diferentes momentos, foram avaliadas a resistência mecânica à penetração, a densidade do solo e a porosidade total. O valor médio de resistência mecânica à penetração para o ano de 2016 sofreu uma redução em relação a 2017, proveniente do uso da grade superpesada, a qual rompeu os agregados na profundidade avaliada. Entretanto, o valor médio no ano de 2018 sofreu um acréscimo devido ao rearranjo das partículas do solo, ocasionadas pela adoção de um manejo conservacionista. Já para o ano de 2019 houve um decréscimo no valor médio, que se deve pela implantação de plantas melhoradoras do solo. Foram observadas relações espaço-temporais das propriedades estudadas.

**Palavras-chave:** Física do solo. Monitoramento Espaço-temporal. Agricultura digital.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the spatiotemporal variability of soil mechanical resistance to penetration and its relationship with different physical properties, in different management systems. Prospecting was carried out through 52 points of a fixed, multitemporal grid (2016 to 2019), at regular intervals of 15 m, at a depth of 0 to 0.2 m, in an area of 1.17 ha. At different times, mechanical penetration

resistance, soil density and total porosity were evaluated. The average value of mechanical penetration resistance for 2016 decreased compared to 2017, due to the use of the super heavy grid, which broke the aggregates at the evaluated depth. However, the average value in 2018 increased due to the rearrangement of soil particles, caused by the adoption of conservation management. For the year 2019 there was a decrease in the average value, which is due to the implementation of soil improvement plants (Mix). Spatio-temporal relationships of the studied properties were observed.

**Keywords:** Soil physics. Spatio-temporal monitoring. Digital agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

As ferramentas do mapeamento digital de solos, os sensores remotos, o big data e o aprendizado de máquina estão transformando a produção de alimentos, de fibras e de energia como conhecemos. A evolução tecnológica está rápida e vem facilitando o incremento da produtividade das culturas, tão importante para atender uma população global, que cresce em 80 milhões de pessoas por ano. Em contraponto, os padrões climáticos estão alterados, 30 % dos solos do mundo já apresentam degradação, com intensos processos erosivos nas camadas superficiais, salinização, lixiviação e exportação de nutrientes sem reposição, poluição e compactação.

Assim, fazem-se necessárias inúmeras práticas de gestão e planejamento dos agroecossistemas, dentre elas está o monitoramento espaço-temporal de macroparcelas, ou seja, encostas que representam a matriz de uma paisagem, com o modal dos seus componentes: solos, relevo, geologia, hidrologia, clima, uso e cobertura vegetal.

O Bioma Pampa engloba uma grande parte do território do Rio Grande do Sul (62,2% do território), parte da Argentina e todo o território do Uruguai. Nos anos de 1960, com a inserção da cultura da soja, introduziu-se no pampa gaúcho atividades ligadas à agricultura, onde os campos naturais são transformados em novas áreas de cultivos (VERDUM, 2006; BOLDRINI, 2009), tornando-se assim, uma importante fronteira agrícola.

Ainda são necessários esforços para a obtenção de dados sobre as propriedades dos solos do Pampa, dentre elas está a resistência do solo à penetração (RP), um importante parâmetro de qualidade. A mesma, aumenta com a compactação e com a diminuição da umidade do solo, sendo um fator limitante para o crescimento radicular (BENGHOUGH; MULLINS, 1990). Em solos compactados ocorrem mudanças estruturais, com o decréscimo na porosidade total e a macroporosidade, culminando numa menor disponibilidade de água, de nutrientes e difusão de gases no solo (TAYLOR; BRAR, 1991).

Segundo Meirelles et al. (2007), a geoestatística é uma parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, cujas propriedades variam em função da localização espacial de pontos de medição. Consequentemente, tem como finalidade identificar e avaliar a estrutura espacial de variáveis do solo, determinando uma nova e importante dimensão para a análise da interação entre as propriedades físicas do solo (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2008).

O estudo da variabilidade e da correlação espacial entre as propriedades físicas, ligadas a estrutura do solo proporciona uma melhor gestão da sua fertilidade, a qual está ligada na elevação da produtividade das culturas, fundamental para uma agricultura digital e sustentável.

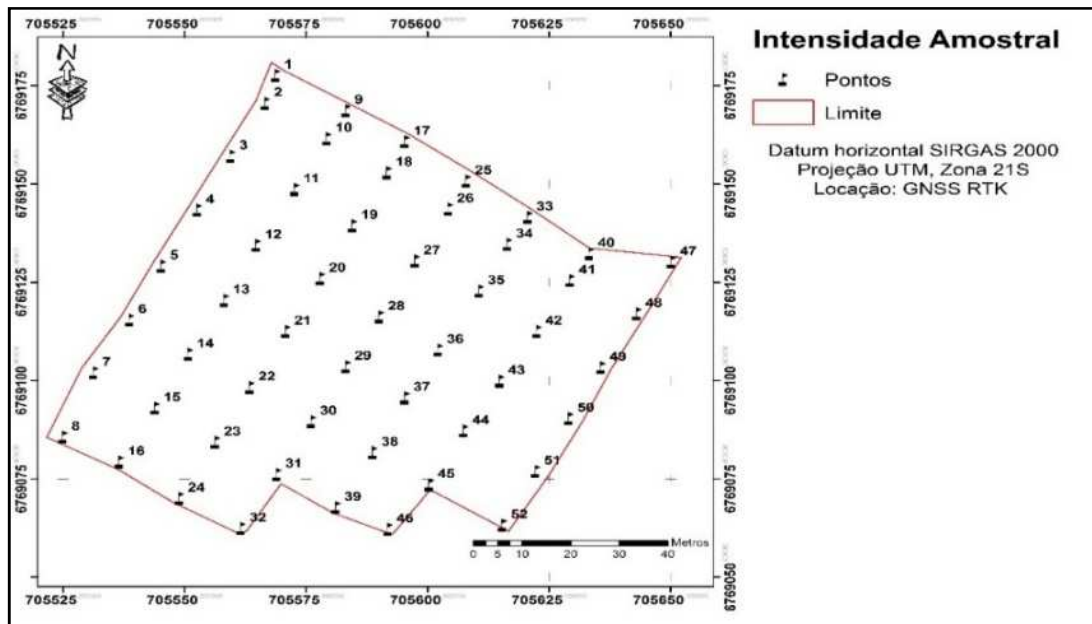
O objetivo do presente trabalho foi de monitorar a variabilidade espaço-temporal da resistência mecânica do solo à penetração e as suas relações com propriedades físicas ligadas a estrutura dos solos, em diferentes sistemas de manejo, numa catena de solos do Pampa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Santiago, no Vale do Jaguari, RS, nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019. Inicialmente, a cobertura vegetal era de campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento; posteriormente, foi realizada a inserção da cultura da soja em plantio convencional, e nos dois anos seguintes sob cultivo mínimo.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), na Catena em estudo, desenvolvem-se polipedons de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, Argissolos Vermelhos e Cambissolos Hápicos, numa área de 1,17 ha (FIGURA 1).

Figura 1. Mapa da distribuição espacial dos pontos de prospecção.



A área foi monitorada por meio de uma malha fixa multitemporal, com 52 pontos de prospecção, com intervalos regulares de 15 metros, na profundidade de 0 a 0,2 m. Para a locação dos pontos foi utilizado um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) Leica, modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade RTK (correção em tempo real), no sistema geodésico horizontal SIRGAS2000, zona 21 S (FIGURA 1).

Nos diferentes pontos de prospecção foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a determinação das propriedades físicas dos solos. A determinação da densidade do solo (DS) e da porosidade total (PT) se deu conforme Donagema (2011). O teste de resistência mecânica do solo à penetração foi realizado utilizando o penetrômetro digital, modelo Falck PLG 1020.

A avaliação da variabilidade das propriedades do solo primeiramente, se deu através da análise estatística descritiva. A normalidade foi testada por Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ). Posteriormente, foi realizada a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ).

A análise geoestatística foi utilizada para avaliar a dependência espacial das variáveis no software ArcGIS 10.5.1. Foram realizados ajustes de semivariogramas teóricos considerando a

Média dos Erros Preditos (M), Média dos Erros Padronizada (MS), Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS). Os modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a premissa de que os valores de M e MS devem estar próximos de zero, e os valores em RMS, ASE e RMSS estejam próximos de 1 (ESRI, 2016). Para o ajuste dos modelos matemáticos (Stable, Circular, Esférico, Exponencial e Gaussiano) aos dados, foram determinados os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Posteriormente, foram elaborados mapas multitemporais utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, para permitir o maior detalhamento espacial e temporal das propriedades estudadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatística descritiva revelam que quase todas as propriedades avaliadas apresentam distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov (TABELA 1).

Tabela 1 - Análise estatística descritiva e testes de normalidade das propriedades físicas do solo, em diferentes sistemas de manejo.

Propiedades	Pontos	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	SIG
Campo Nativo (2016)							
RP	52	1	1,77	1,42	0,16	11,41	0,21
DS	52	0,99	1,55	1,34	0,1	7,74	0,99
PT	52	34,18	62,92	48,16	4,68	9,71	0,94
Plantio Convencional (2017)							
RP	52	0,92	1,45	1,25	0,13	10,81	0,04
DS	52	1	1,34	1,2	0,09	7,55	0,46
PT	52	49,05	62	54,03	3,47	6,43	0,44
Cultivo Mínimo (2018)							
RP	52	0,9	1,56	1,37	0,11	8,25	0,48
DS	52	1,19	1,44	1,31	0,06	4,73	0,96
PT	52	39,12	60,26	46,75	4,71	10,07	0,98
Cultivo Mínimo (2019)							
RP	52	0,60	1,90	1,32	0,12	9,09	0,01
DS	52	1,10	1,50	1,31	4,33	7,95	0,01
PT	52	45,00	63,40	54,48	2,11	5,77	0,63

Prop.: Propriedades. RP: Resistência Mecânica do Solo à Penetração (MPa<sup>-1</sup>). DS: Densidade (g.cm<sup>-3</sup>). PT: Porosidade Total (%). DP: Desvio Padrão. CV: Coeficiente de Variação, K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov Sig: 0,05.

O solo sob Campo Nativo (2016) demonstrou um valor médio para a RP de 1,42 MPa, com variação de 1,00 a 1,77 MPa. A DS obteve média 1,34 g.cm<sup>-3</sup>, com máximo de 1,55 g.cm<sup>-3</sup> e mínimo de 0,99 g.cm<sup>-3</sup>. Já a PT teve valor médio de 48,16%, alternando de 34,18 a 62,92%. Os fatores RP, DS e PT tiveram coeficientes de variação (CV), classificado como baixos, com valores de 11,41 e 7 respectivamente.

No Plantio Convencional (2017) o valor médio encontrado para a RP foi de 1,25 MPa, variando de 0,92 a 1,45 MPa. A DS demonstrou valor mínimo de 1,0 g.cm<sup>-3</sup> e máximo de 1,34 g.cm<sup>-3</sup>, com média de 1,20 g.cm<sup>-3</sup>. Já a PT obteve valores entre 49,05 e 62,00 %, perfazendo uma média de 54,03 %. A dispersão encontrada para RP, DS e PT nesse momento, foi classificada como baixa, com valores de 10,81, 7,55 e 6,43 %, nesta ordem (TABELA 1).

No cultivo mínimo (2018), verificou-se valores de RP oscilando entre 0,90 e 1,56 MPa, com média de 1,37 MPa. A DS apresentou média de 1,31 g.cm<sup>-3</sup>, com mínimo de 1,19 g.cm<sup>-3</sup> e máximo de 1,44 g.cm<sup>-3</sup>. Já os valores encontrados para PT estão entre 39,12 e 60,26 %, com média de 46,75 %, os CV's para as variáveis foram classificados como baixa dispersão.

No ano de 2019, foi verificado um valor médio de RP de 1,32 MPa, oscilando entre 0,60 e 1,90 MPa. Para a DS a média foi de 1,31 g.cm<sup>-3</sup>, com variação entre 1,10 e 1,50 g.cm<sup>-3</sup>. A PT apresentou valor médio de 54,48 %, variando entre 45,00 e 63,40 %. Essas propriedades apresentaram baixa dispersão nos dados.

Dentre os resultados apresentados em todos os sistemas estudados (TABELA 2), a RP não se demonstrou restritiva para as culturas conforme Taylor et al. (1966), Dias Junior et al. (1996), Klein e Câmara (2007), Suzuki et al. (2007) e Miola et al. (2015).

Tabela 2 - Significância e coeficientes de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) das propriedades físicas do solo, em diferentes sistemas de manejo.

Prop.	Pontos	RP	DS	PT
<u>Campo Nativo 2016</u>				
RP	52	1	0,833*	-0,718*
DS	52		1	-0,904*
PT	52			1
<u>Plantio Convencional 2017</u>				
RP	52	1	0,882*	-0,884*
DS	52		1	-0,999*
PT	52			1
<u>Cultivo Mínimo 2018</u>				
RP	52	1	0,501*	-0,576*
DS	52		1	-0,839*
PT	52			1
<u>Cultivo Mínimo 2019</u>				
RP	52	1	0,860*	-0,763*
DS	52		1	-0,856*
PT	52			1

\* = Correlação significativa a  $p < 0,05$ . DS = Densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>), PT = porosidade total (%), RP: Resistência à Penetração (MPa).

Para a DS, os valores obtidos estiveram distantes da densidade crítica, considerando solos com textura média (REINERT et al., 2001). Já para a PT, de acordo com Kiehl (1979) e Ranzani (1969), os valores apresentados na Tabela 1 estão próximos aos ideais para a física do solo.

O coeficiente de correlação de Pearson varia de 1 a -1, relacionando as propriedades ligadas a estrutura dos solos, desta forma, pode-se avaliar que valores positivos indicam que uma propriedade aumenta em função de outra e, valores negativos indicam o inverso. Conforme a Tabela 2, a correlação entre DS e a RP foi positiva em todos os momentos do estudo, corroborando com o que observou Dias Junior et al. (1996), Merotto e Mundstock (1999), Klein e Câmara (2007), logo, com a elevação da densidade do solo haverá o incremento da resistência mecânica à penetração das raízes.

Outro processo descrito pela análise de correlação e também associado a estrutura do solo, é da relação entre a resistência mecânica e a porosidade total, valores elevados de RP estão associados com os menores valores de PT. Tal processo, também foi observado por Cardoso et.al (2006).

Se tratando da DS, quanto maiores os seus valores, menores serão os valores de PT, indicando a probabilidade de redução na absorção de nutrientes pelas raízes, o que pode alterar o bom desenvolvimento e o rendimento das culturas (SOANE; OUWERKERKO, 1995).

No Campo Nativo, a variável DS se ajustou ao modelo Gaussiano, apresentando alcance de 113,1; com patamar de 0,01. O efeito pepita da DS foi de 0,00, Por fim, o grau de dependência para DS foi forte de 0,00. A RP e a PT enquadraram-se ao modelo Stable, apresentando alcance de 28,84 e 96,51 m; com patamar de 0,02 e 15,93, nessa ordem. O efeito pepita foi de 0,00 e 11,91, respectivamente. Já o grau de dependência para a RP classificou-se como forte, para a PT a dependência foi moderada, com valores de 0,00 e 74,77 % (TABELA 3).

No Plantio Convencional, a variável PT se ajustou ao modelo Stable, identificando-se com valores de alcance de 24,25 m, com patamar de 1,17, O efeito pepita foi de 0,09, o grau de dependência para PT foi classificado como forte, com valor de 8,12 %. A DS se adaptou ao modelo Gaussiano, obtendo um alcance de 24,25 m; com patamar de 1,23; e efeito pepita de 0,07, Por fim, o grau de dependência para a variável DS foi forte, com valores de 6,10 %. A RP ajustou-se ao modelo Exponencial, com alcance de 39,86 m; patamar de 0,01; efeito pepita de 0,008; perfazendo um grau de dependência moderado (TABELA 3).

No cultivo mínimo, no ano de 2018, as viáveis ajustaram-se ao modelo Stable, demonstrando alcance de 64,83, 44,13 e 28,84 m e patamar de 0,01, 0,005, 23,04, respectivamente. O efeito pepita foi de 0, para todas as variáveis. Assim, o grau de dependência espacial foi classificado como forte (0,0 %). Já em 2019, as variáveis ajustaram-se aos modelos exponencial (RP e PT) e Stable DS, com alcances inferiores a equidistância amostral e efeito pepita zero, culminando em GDE's classificados como forte (TABELA 3).

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades físicas do solo, em diferentes sistemas de manejo.

Parâm.	RP (MPa <sup>-1</sup> )	DS (g cm <sup>-3</sup> )	PT (%)
<u>Campo Nativo 2016</u>			
Modelo	Stable	Gaussiano	Stable
Alcance	28,84	113,51	96,51
Patamar	0,023	0,01	15,93
Pepita	0,00	0,00	11,91
M	-0,000	-0,001	0,026
RMS	0,147	0,090	3,791
MS	-0,003	-0,003	0,006
RMSS	1,00	0,993	0,984
ASE	0,146	0,090	3,861
DE	Forte	Forte	Moderada
GDE (%)	0,00	0,00	74,77
<u>Plantio Convencional 2017</u>			
Modelo	Exponencial	Gaussiano	Stable
Alcance	39,86	24,25	24,25
Patamar	0,012	1,23	1,17
Pepita	0,008	0,07	0,09
M	-0,003	-0,001	0,040
RMS	0,135	0,080	3,051
MS	-0,022	-0,007	0,008
RMSS	0,972	0,979	0,961
ASE	0,139	0,081	3,157
DE	Moderada	Forte	Forte
GDE (%)	72,17	6,10	8,12
<u>Cultivo Mínimo 2018</u>			
Modelo	Stable	Stable	Stable
Alcance	64,83	44,13	28,84
Patamar	0,01	0,005	23,04
Pepita	0,00	0,00	0,00
M	0,003	0,001	0,079
RMS	0,122	0,062	4,828
MS	0,032	0,017	0,015
RMSS	1,003	0,985	0,999
ASE	0,122	0,064	4,849
DE	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	0,00	0,00	0,00

Parâm: Parâmetros. DS = Densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>), PT = porosidade total (%), RP: Resistência a Penetração (MPa-1). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. GDE: Grau de Dependência Espacial.



Tabela 4 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades físicas do solo, em diferentes sistemas de manejo.

Parâm.	RP (MPa <sup>-1</sup> )	DS (g cm <sup>-3</sup> )	PT (%)
Modelo	Exponencial	Stable	Exponencial
Alcance	32,02	29,76	21,73
Patamar	0,10	0,014	19,60
Pepita	0,01	0,00	0,00
M	0,007	0,001	-0,021
RMS	0,315	0,107	4,296
MS	0,016	0,003	0,000
RMSS	1,00	0,947	0,986
ASE	0,313	0,113	4,368
DE	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	11,23	0,00	0,00

Parâm: Parâmetros. DS = Densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>), PT = porosidade total (%), RP: Resistência a Penetração (MPa<sup>-1</sup>). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. GDE: Grau de Dependência Espacial.

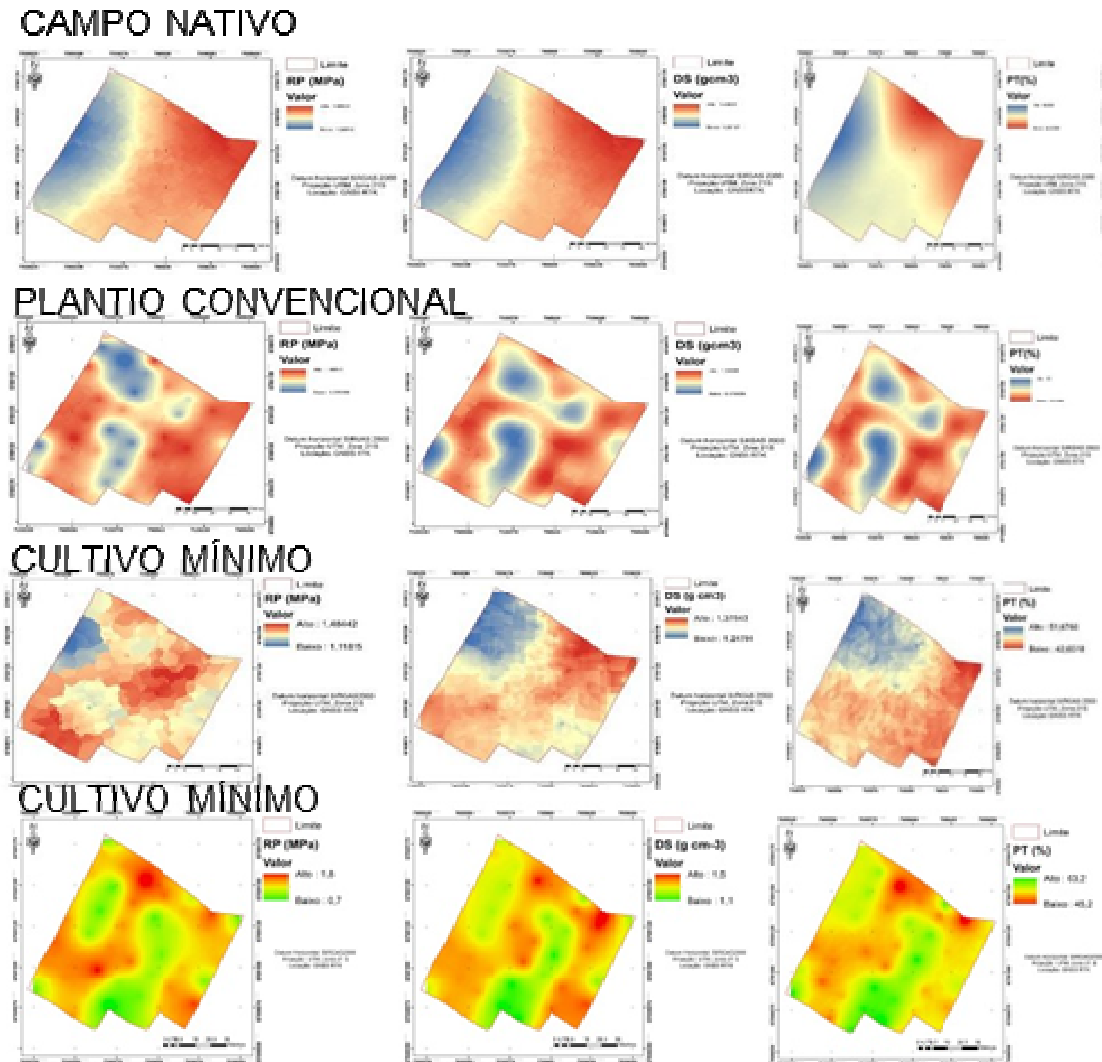
Conforme a Tabela 3, a equidistância da grade amostral foi suficiente para descrever as propriedades avaliadas com exatidão, pois os valores de alcance encontrados para as diferentes propriedades são superiores a equidistância da grade de 15 m. Dentro da geoestatística o alcance tem suma importância para a interpretação dos semivariogramas, ele indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA et al., 1983; SOUZA et al., 1997; VIEIRA, 1997). Segundo os autores McBratney e Webster (1986), o alcance é um elemento necessário para o planejamento e a avaliação experimental, já que pode auxiliar na definição de procedimento de amostragem.

Outro parâmetro geoestatístico importante é o efeito pepita, que para a maioria das propriedades físicas estudadas foi igual ou próximo a 0, estes valores indicam a não ocorrência do erro experimental, ou a ocorrência de erros desprezíveis (TRANGMAR et al., 1985).

A dependência espacial, é o valor de uma variável que mais se assemelha ao valor de suas amostras vizinhas, do que ao restante das localizações do conjunto amostral pode ser avaliada pelo grau de dependência espacial (GDE) que, conforme a Tabela 3, foi classificado como forte para a maioria das propriedades físicas estudadas, com a razão do efeito pepita inferior ou igual a 25 % do patamar.

De acordo com os modelos digitais apresentados na Figura 1, as propriedades físicas estudadas apresentaram relações no espaço e no tempo durante os quatro anos de monitoramento, ratificando a análise de correlação (TABELA 2).

Figura 2. Mapas de distribuição espacial das propriedades físicas dos solos, em diferentes sistemas de manejo.



#### 4 CONCLUSÕES

A variabilidade espaço-temporal da resistência mecânica do solo à penetração das raízes apresentou correlação com a densidade do solo e a porosidade total. As propriedades físicas estudadas durante o monitoramento espaço-temporal não apresentaram restrições para o desenvolvimento vegetal. A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.

#### REFERÊNCIAS

BENGHOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses. **J. Soil Sci.**, v. 41, p.341-358, 1990.

BOLDRINI, I. I. A Flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: Pillar, V.P.; Müller, S.C.: Castilhos, Z.M.S.; Jacques, A.V. (Org.). **Campos Sulinos - Conservação e Uso Sustentável da**

**Biodiversidade**. 2ed. Brasília, DF: MMA, 2009, v. 1, p. 63-77.

CAMBARDELLA, C. A et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, 1994. p. 1501-1511.

CARDOSO, T. F.; SOARES, J.C.W. Variabilidade espacial da estrutura de um NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, sob campo nativo. In: Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, XI., 2016. Frederico Westphalen. **Anais...** Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, XI., 2016. Frederico Westphalen.

DIAS JUNIOR, M.DE S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, v.20, p.175-182, 1996.

DONAGEMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ENVIROMENMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2016.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A. et al. Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de cabeceira. **Ciênc. agrotec.**, v.32, n.3, p. 914-922, 2008.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 221-227, 2007.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Eng. Agríc.**, v. 18, p.45-54, 1998.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 221-227, 2007.

McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **J. Soil Sci.**, v.37, p.617-639, 1986.

MEIRELLES, M. S. P.; MOREIRA, F. R.; CAMARA, G. Técnicas de inferência espacial. In:

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília: EMBRAPA, Informação Tecnológica, 2007. cap. 3, p. 105-190.

MEROTTO JR., A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, n.2, 197-202, 1999.

MIOLA, E.C.C. et al. Intervalo hídrico ótimo em solo construído após mineração de carvão em diferentes limites críticos de resistência à penetração e umidade. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:563-572, 2015.

RANZINI, G. **Manual de levantamento de solos**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blusher, 1969. 156 p.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. **Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado**. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; ROSA, G.M.; CERETTA, C.A., orgs. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, Palloti, 2001. v.1, p.114-133.

SOANE, B.D.; van OUWERKERK, C. Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. **Soil Till. Res.**, 35:5-22, 1995.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 1-10, 1997.

SUZUKI, L.E.A.S. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesq. agropec.bras.**, v.42, n.8, p.1159-1167, 2007.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, v. 19, n.3, p. 111-119, 1991.

TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength root penetration for medium to coarse textured soil materials. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 102, p.18-22, 1966.

VERDUM, R. O pampa. Ainda desconhecido. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos**, v. 183, p. 4 - 9, 2006.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

## MAPEAMENTO DO EFEITO DA BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MARANDU COMO ALTERNATIVA PARA A DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA

*mapping of the effect of brachiaria brizantha cv. marandu as an alternative  
for biological decompaction*

Marcelo da Silva Santos<sup>1</sup>, Grazieli Suszek<sup>2</sup>, Mauro de Lima<sup>3</sup>, Matheus Katriel dos Santos Araujo<sup>4</sup>,  
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Fazenda Santa Bárbara-Km23, 79750-000, Nova Andradina-MS,  
Brasil, marcelo.santos@novaandradina.org<sup>1</sup>, grazieli.suszek@ifms.edu.br<sup>2</sup>, mauro.lima@ifms.edu.br<sup>3</sup>,  
matheus.araujo@novaandradina.org<sup>4</sup>

### RESUMO

A resistência do solo à penetração é um importante atributo físico que indica a qualidade física do solo. Nesse contexto, o mapeamento da compactação do solo foi realizado na área de cultivo da soja, considerando *Brachiaria brizantha* cv. Marandu como alternativa para descompactação do solo no Cerrado do Mato Grosso do Sul. Assim, o levantamento da resistência do solo à penetração, teor de umidade e análises químicas e físicas do solo foi realizado utilizando uma grade de amostras georreferenciadas. Mapas temáticos foram gerados pelo método de interpolação de dados, quadrado da distância inversa (IQD). Foi possível localizar os pontos que apresentaram alta compactação, ajudando na tomada de decisão a adotar práticas e gerenciamento apropriados de descompactação usando os mapas. Foi observada correlação negativa entre a matéria orgânica e a resistência do solo à penetração, o que mostra que práticas corretas podem ajudar na descompactação do solo. Os mapas mostraram que o uso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou bons resultados na descompactação do solo, o que pode ser sugerido como estratégia de manejo para recuperação de solos compactados.

**Palavras-chave:** Descompactação do solo. Mapeamento. Recuperação de solos.

### ABSTRACT

Soil resistance to penetration is an important physical attribute that indicates the physical quality of the soil. In this context, the soil compaction mapping was performed in soybean cultivation area, considering *Brachiaria brizantha* cv. Marandu as an alternative for soil decompaction in the Cerrado of Mato Grosso do Sul. Thus the survey of soil resistance to penetration, moisture content and chemical and physical soil analysis was performed using a georeferenced sample grid. Thematic maps were generated using the data interpolation method, inverse distance square (IQD). It was possible to locate the points that presented high compaction helping in the decision making to adopt appropriate decompaction practices and management using the maps. Negative correlation was observed between organic matter and soil resistance to penetration, which shows that correct practices can help in soil decompaction. The maps showed that the use of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu provided good results in soil decompaction, that can be suggested as a management strategy for recovery of compacted soils.

**Keywords:** Soil decompression. Mapping. Soil Recovery.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade de agricultura como um todo, causa um grande impacto ambiental, a agricultura de precisão é uma ferramenta que é utilizada com o objetivo de otimizar o uso de insumos na agricultura a fim de diminuir os impactos ambientais causados pela atividade, produzir alimentos e matéria prima com a idéia de buscar a sustentabilidade, diminuir gastos e aumentar a produtividade agrícola com o georreferenciamento, (MAPA, 2009).

Uma das propriedades físicas importantes para o manejo e estudo da qualidade física dos solos é sua resistência à penetração, uma vez que essa propriedade se apresenta como indicadora do grau de compactação. Devido às relações encontradas, esse tipo de estudo, juntamente com outros atributos do solo também indicadores do grau de compactação, como a densidade do solo, porosidade e conteúdo de água, em solos cultivados, é de fundamental importância para escolha do sistema de preparo mais adequado ao crescimento e desenvolvimento das culturas (RIBON e TAVARES FILHO, 2008).

Para Retka (2018), a compactação pode se tornar um fator limitante para a produção agrícola, com isso novas alternativas para a descompactação do solo sem causar grande impacto em sua estruturação. Segundo ele uma forma alternativa promissora é a descompactação biológica sem a degradação do solo com o uso de forrageiras e leguminosas capazes de ultrapassarem as camadas de compactação com seus sistemas radiculares vigorosos. Segundo Santos et. al. (2014), após a decomposição das raízes das plantas, ocorre a formação de bioporos que melhoram as condições do solo, a disponibilidade hídrica e favorece a recuperação do solo.

Cancian (2015) lembra que um dos indicadores mais utilizados para avaliar a qualidade física de um solo é a resistência à penetração. Avaliações da qualidade física através da resistência do solo à penetração é uma boa forma de se verificar a eficiência de diferentes sistemas de manejo, e com isso, as suas implicações na qualidade física, refletindo diretamente no desenvolvimento radicular da planta.

Desta forma, a análise da correlação temporal entre os atributos do solo e a resistência à penetração poderia revelar dados importantes referentes aos futuros manejos a serem adotados nesta área, possibilitando que possíveis intervenções possam ser realizadas, para potencializar a produtividade, definindo áreas homogêneas com auxílio de mapas, auxiliando nas tomadas de decisão frente a existência de pontos com maior resistência à penetração.

Objetivou-se com este trabalho analisar e mapear o efeito da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre a resistência à penetração e umidade do solo em uma área no cerrado de Mato Grosso do Sul.

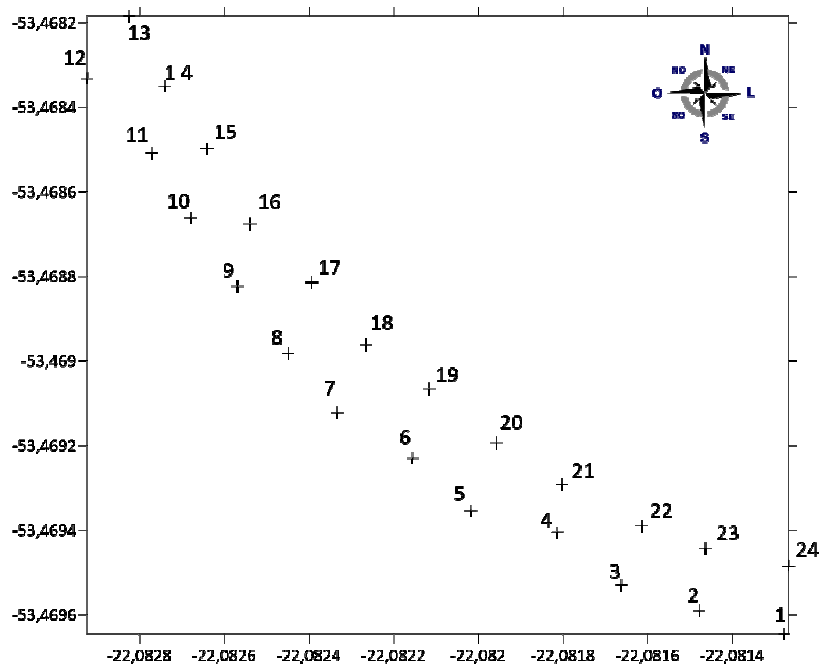
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área experimental de 30 m x 268 m, localizado no município de Nova Andradina/MS, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, situado na latitude -22,08226514 e longitude de -53,46896072. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como tropical subtropical úmido e mesotérmico, possuindo altitude média de 380 m, com índices pluviométricos superiores a 1100 mm anuais e o solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico, sem horizonte A definido.

Para realizar a avaliação, a área foi dividida em 24 pontos de amostragem de 15 m x 20 m, georreferenciados conforme Figura 1, para realização das coletas de amostras de solo e resistência do solo à penetração.

As amostras de solo composta de 8 sub-amostras (raio de 5 m) em cada ponto de amostragem, foram coletadas na profundidade de 0-20cm, com um trado holandês, seguindo a técnica padrão de amostragem de solo. As amostras foram indentificadas e encaminhadas para laboratório para realização das análises dos atributos químicos e físicos do solo.

Figura 1 – Mapa dos pontos amostrais definidos para área experimental - Nova Andradina/MS



A resistência mecânica à penetração foi realizada utilizando dois penetrômetros. O primeiro é um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf, com metodologia para coleta de dados sugerida por Stolf (1991), sendo utilizado para amostragem do ano de 2018. Os resultados obtidos em impactos  $\text{dm}^{-1}$  foram convertidos em resistência dinâmica (MPa) por meio da equação 1 (Stolf, 1991). Para conversão da RP em  $\text{kgf cm}^{-2}$  para MPa, multiplicou-se o resultado obtido na equação 1 pela constante 0,0981, dada por:

$$RP (\text{Kgf cm}^{-2}) = 5,6 + 6,89 N (\text{impactos dm}^{-1}) \quad (1)$$

Onde RP: resistência a penetração.

Já para o ano de 2019 foi utilizado um penetrômetro digital FALKER, modelo PenetroLOG - PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados. Este penetrômetro foi configurado para registrar leituras a cada 0,01 m de incremento de profundidade, trabalhando em velocidade de penetração constante. Os dados referentes ao penetrômetro Falker foram extraídos da memória digital e analisados a uma profundidade máxima de 0,2 m. Para o processamento dos dados de resistência à penetração, foi utilizado o Software PenetroLOG.

Também foi retirada uma amostra, na profundidade 0,0-0,2 m, para análise do teor de

umidade, sendo determinada pelo método padrão da estufa (Embrapa, 1997), em ambas as coletas 2018 e 2019. Os resultados para os dois equipamentos apresentam similaridade nos resultados conforme comparação realizada por Lima et al. (2013).

Após a determinação da compactação do solo em 2018, foi implantada a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, realizada a dessecação da cultura, realizou-se nova determinação da resistência do solo à penetração, comparando os dados para verificar a eficácia da cultura na redução da compactação do solo.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado de acordo com (Gomes 2000), sendo também realizadas análises de correlação de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling.

Devido ao quantitativo de amostras optou-se pelo interpolador Inverso do Quadrado da Distância (IQD), sendo os mapas foram construídos utilizando o software Surfer®15. O IQD é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, ou seja, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será sua influência sobre o valor de inferência. Este método é considerado de acurácia satisfatória quando comparado a krigagem, podendo, em alguns casos, apresentar resultados semelhantes (SOUZA et al., 2010).

A similaridade dos mapas temáticos construídos a partir dos dados coletados foi avaliada por meio de parâmetro estatístico: correlação linear de Pearson e analisado visualmente os mapas construídos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de solo realizada o solo possui textura muito arenosa com 82,68 % areia, 2,6 % silte e 14,72 % de argila. Os resultados apresentaram valores de coeficiente de variação (%) entre 5,90 e 174,76% (Tabela 1). Segundo (Gomes, 2000), o coeficiente de variação é considerado baixo, quando inferior a 10%, médio quando está entre 10 e 20%, alto quando se apresenta no intervalo de 20 a 30% e muito alto quando superiores a 30%.

O pH, o Ca, o Mg, SB e matéria orgânica tiveram um aumento após o cultivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Também é possível observar que ocorreu diminuição do P no solo, isso ocorre devido à alta mobilidade do P na planta e sua funcionalidade que auxilia no seu pleno desenvolvimento vegetativo (MILANESI, 2015). A resistência à penetração também apresentou uma redução significativa que mostrando-se positivo para as propriedades físicas do solo, essa redução se deve possivelmente pelo sistema radicular agressivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Observa-se que a média da resistência do solo na camada de 0-20, apresentou valores adequados, visto que CANARACHE (1990) sugere que valores acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes da maioria das plantas.

Na análise correlação linear de Pearson dos dados de umidade e resistência à penetração realizada para os anos de 2018 e 2019, foi observada correlação de 0,23 e 0,11 entre a umidade do solo e a resistência à penetração em 2018 e 2019, respectivamente, sendo classificados como valores baixos, assim podemos afirmar que houve pouca interação entre os fatores, ou seja, a umidade mostrou pouca influência sobre os dados de resistência.



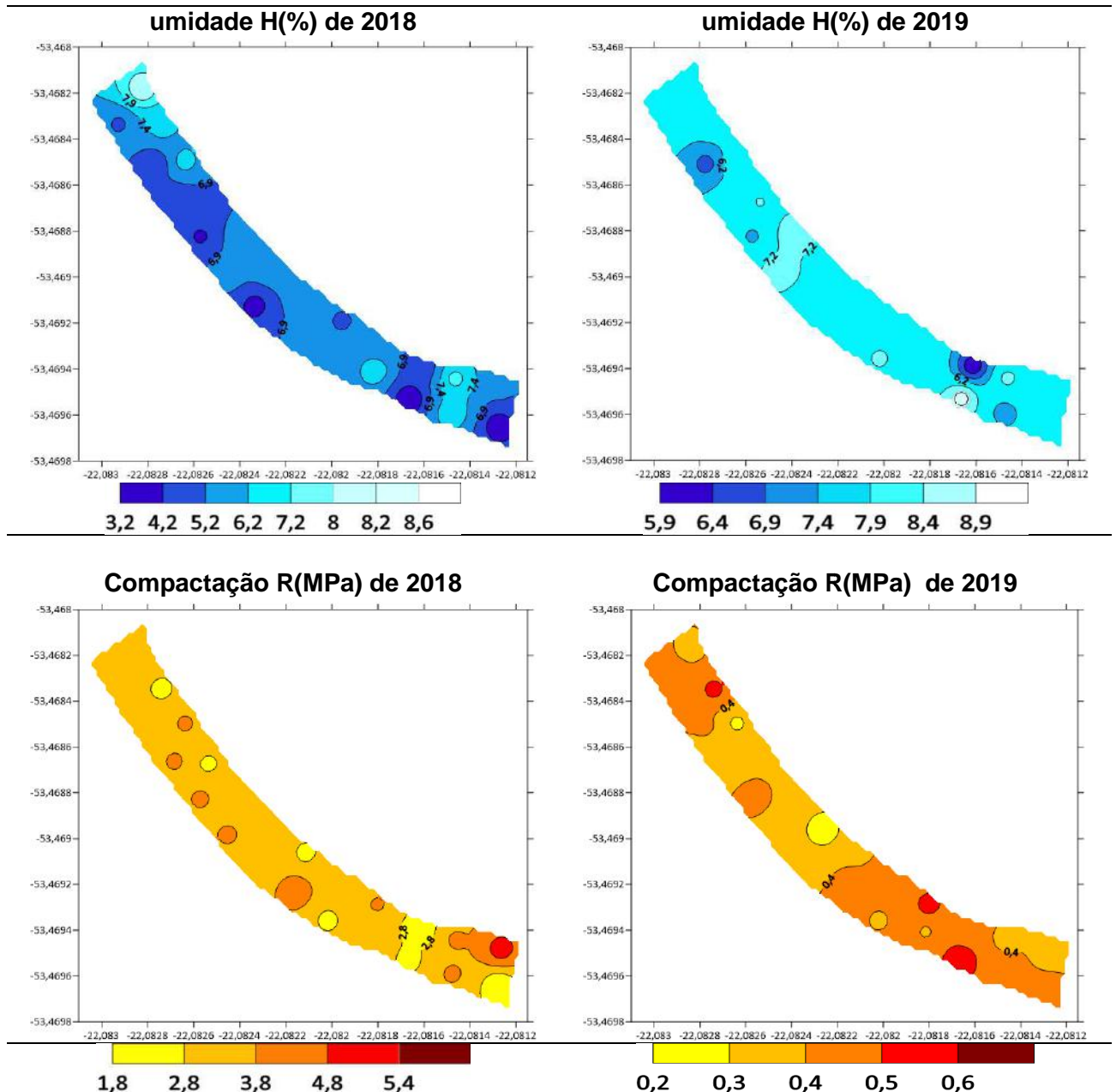
**Tabela 1:** Análise descritiva dos dados da análise de solo e resistência à penetração do solo para os anos de 2018 e 2019.

	2018						
	Média	Mediana	Desv. Pad.	C.V	Variância	Mínimo	Máxim o
pH	4,92	4,91	0,03	6,07	0,09	4,37	5,50
P (Mg/dm <sup>3</sup> )	3,85	2,29	3,05	79,27	9,31	1,56	11,86
K (Mg/dm <sup>3</sup> )	0,03	0,03	0,01	25,77	0,00	0,02	0,05
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,68	0,60	0,15	21,43	0,02	0,40	1,00
Mg (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,42	0,40	0,10	25,19	0,01	0,20	0,60
Al (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,10	0,10	0,08	83,19	0,01	0,00	0,28
H+Al (Cmol/dm <sup>3</sup> )	2,25	2,25	0,25	11,22	0,06	1,50	2,80
SB (%)	1,13	1,04	0,23	20,48	0,05	0,63	1,55
CTC pH 7,0	3,37	3,43	0,25	7,49	0,06	3,02	3,83
Mat. Orgânica %	12,63	12,3	2,13	16,89	4,55	9,29	16,67
R (0-20) Mpa	1,98	1,94	0,41	20,71	0,17	1,25	2,97
H%	7,04	6,98	0,68	9,72	0,47	5,90	8,83
	2019						
pH	5,10	4,97	0,43	8,53	0,19	4,45	5,85
P (Mg/dm <sup>3</sup> )	1,80	0,71	3,14	174,76	9,89	0,09	14,25
K (Mg/dm <sup>3</sup> )	0,02	0,02	0,01	27,24	0,00	0,02	0,04
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,30	1,10	0,70	53,73	0,48	0,90	3,70
Mg (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,89	0,85	0,14	15,83	0,02	0,70	1,20
Al (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,16	0,09	0,21	127,54	0,04	0,00	0,69
H+Al (Cmol/dm <sup>3</sup> )	1,50	1,40	0,34	22,39	0,11	1,00	2,40
SB (%)	2,21	1,93	0,80	36,19	0,64	1,62	4,92
CTC pH 7,0	3,72	3,52	0,80	21,50	0,64	3,02	6,14
Mat. Orgânica %	13,54	12,57	3,14	23,17	9,84	9,84	21,32
R (0-20) Mpa	0,40	0,40	0,08	19,91	0,01	0,21	0,59
H%	6,69	6,86	1,02	15,31	1,05	3,32	8,56

A correlação de Pearson entre resistência à penetração e a matéria orgânica, mostrou-se negativa -0,11 e -0,28, podemos afirmar que práticas agrícolas que favorecem o aumento de matéria orgânica no solo, como a utilização da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu como planta de cobertura, podem ser utilizadas no manejo da compactação a fim de amenizar ou evitar os efeitos prejudiciais para o desenvolvimento de plantas.

Como mencionado anteriormente, a umidade teve pouca influência na compactação do solo podendo ser também confirmado com a Figura 2 onde é possível observar que a variação de compactação não acompanhou visualmente a variação da umidade. Já a correlação de Pearson da resistência à penetração entre os anos de 2018 e 2019 (antes e depois do plantio da Br) apresentou um valor negativo de -0,35, mostrando que existiu uma interação negativa entre os anos avaliados, esse fato mostra que a forrageira pode ser uma boa escolha no manejo da resistência de solos arenosos.

Figura 2 – Mapas temáticos para umidade do solo e resistência do solo a penetração nos anos de 2018 e 2019, para área experimental avaliada – Nova Andradina/MS



Com os mapas é possível observar detalhadamente o efeito do cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre a qualidade física do solo determinada pela análise de resistência à penetração. O mapa de 2018 que representa a análise feita antes da população de *Brachiaria* b. Marandu e apresenta valores entre 1,8 a 4,8 MPa, já após a dessecação da *Brachiaria* (mapa de 2019) apresentou valores muito baixos em relação ao anterior variando de 0,2 a 0,5 MPa. Outro ponto observado é o aumento de umidade do solo no mapa de 2019, podendo ser explicado pela manutenção da palhada sobre o solo, conservando por mais tempo a umidade.

## 4 CONCLUSÃO

Com o uso dos mapas foi possível localizar os pontos que apresentaram compactação elevada auxiliando na tomada de decisões para adoção das corretas práticas de manejo e descompactação adequado para cada situação específica reduzindo o custo de produção.

Por apresentar a correlação de Pearson negativa entre resistência à penetração e a matéria orgânica, é possível afirmar que práticas agrícolas que favorecem o aumento de matéria orgânica no solo, como a utilização da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu como planta de cobertura, podem ser utilizadas no manejo aplicado, reduzindo a compactação e evitando os efeitos prejudiciais para o desenvolvimento de plantas.

## REFERÊNCIAS

CANARACHE, A. Penetrometer - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Till Res.**, 16:51-70, 1990. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167198790900215>. Acesso em: 28 Ago. 2019.

CANCIAN, L. C. Variabilidade espacial da resistência a penetração, granulometria e umidade do solo. 2015. 59 f. Dissertação (**Mestrado em Agronomia**) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2015. Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/4941>. Acesso: 02 set. 2019.

LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Ceres**. Viçosa. v.6o, n.4, p.577-581, jul/ago, 2013. ISSN: 0034-737X. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305228472018.pdf>, Acesso em: 08 set. 2019.

MILANESI, J. H. Adubação da cultura da soja baseada nos teores mínimos de fósforo e potássio no solo. Santa Maria-RS. Universidade Federal de Santa Maria Colégio Politécnico da UFSM **Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão**, janeiro de 2015. Disponível em: [http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/Dissertacao\\_Junior\\_Henrique\\_Milanesi.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/Dissertacao_Junior_Henrique_Milanesi.pdf). Acesso em: 08 set. 2019.

RETKA, W. Efeito da cultura do nabo forrageiro na descompactação do solo. 2018. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (**Graduação**) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2018. Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10804/1/FB\\_COEAM\\_2018\\_2\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10804/1/FB_COEAM_2018_2_03.pdf). Acesso em: 07 set. 2019.

RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1817-1825, 2008. Disponível em:

<https://redalyc.org/pdf/1802/180214065003.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2019.

SANTOS, F.S., et al. A utilização de plantas de cobertura na recuperação de solos compactados.

**Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.3, p. 82-91, 2014. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/10837/7698>. Acesso em: 10 set. 2019.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15:229-235, 1991. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832014000300009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000300009). Acesso em: 08 set. 2019.

SOUZA, G.S. de et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na especialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/15939/10977>. Acesso em: 09 set. 2019.

VIANA, A. A. N., et al. Agricultura de precisão. **Binagri**, Brasília, DF. p. 3-19. 2009

## DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO, NUMA CATENA DO PAMPA GAÚCHO – TRÊS ANOS DE MONITORAMENTO

*Space-time Dynamics of Soil Organic Matter and its Relation to Terrain Attributes, in a Catena of the Pampa Gaucho - Three Years of Monitoring*

Daniel Nunes Krum<sup>1</sup>, Julio César Wincher Soares<sup>1</sup>, Higor Machado de Freitas<sup>2</sup>, Thaynan Hentz de Lima<sup>1</sup>, Otávio Ladislau Garcia Medeiros<sup>1</sup>, Vitória Silva Coimbra<sup>1</sup>, Vitória Silva Coimbra<sup>1</sup>, Luryan Delevati Dorneles<sup>1</sup>, Lidiane Martins da Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Batista Bonoto Sobrinho, 97700000, Santiago – RS, Brasil, [daniel.krum@hotmail.com](mailto:daniel.krum@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria - Rio Grande do Sul, Brasil, [higormfreitasagro@gmail.com](mailto:higormfreitasagro@gmail.com)

### RESUMO

Com o passar dos anos, o Bioma Pampa vem sendo explorado de forma intensiva, tendo sua área ocupada por florestas e lavouras comerciais, que são de grande importância econômica para as regiões abrangidas pelo mesmo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica espaço-temporal da matéria orgânica do solo e sua relação com os atributos do terreno, numa catena do Pampa Gaúcho. O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, na Fazenda Escola da URI, Câmpus Santiago, RS. Foram coletadas amostras deformadas de solo, em 52 pontos de prospecções, em três momentos, numa malha regular de 15 x 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 cm. As amostras foram coletas sempre após a colheita da soja, ou seja, no ano seguinte ao seu plantio, perfazendo três anos de coletas. A utilização de práticas convencionais de preparo do solo, em sistemas já consolidados, reduz drasticamente os teores de Matéria Orgânica do Solo. Os Atributos do Terreno apresentam correlação com os teores de Matéria Orgânica do solo. A densidade amostral foi extremamente importante para a definição das variáveis com exatidão. É possível estabelecer padrões de distribuição espacial das propriedades do solo baseados nas feições do relevo.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Manejo e Conservação do Solo. Geoestatística.

### ABSTRACT

Over the years, the Biome Pampa has been intensively explored, with its area occupied by forests and commercial crops, which are of great economic importance for the regions covered by it. The present work aimed to evaluate the spatiotemporal dynamics of soil organic matter and its relationship with the soil attributes in a Pampa Gaúcho catena. The study was carried out in a 1,17 ha catena at the URI School Farm, Campus Santiago, RS. Deformed soil samples were collected at 52 prospecting points, in three moments, in a regular 15 x 15 m mesh, at a depth of 0,0 – 0,20 cm. The samples were always collected after the soybean harvest, that is, the year after planting, making three years of collection. The use of conventional tillage practices in already established systems drastically reduces the levels of soil organic matter. Terrain Attributes correlate with soil Organic Matter content. The sample density was extremely important in defining the variables accurately. It is possible to establish spatial distribution patterns of soil properties based on relief features.

**Keywords:** Geomorphology. Soil Management and Conservation. Geoestatistical.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o Bioma Pampa vem sendo explorado de forma intensiva, tendo sua área ocupada por florestas e lavouras comerciais, que são de grande importância econômica para as regiões abrangidas pelo mesmo.

O solo é um recurso que se renova lentamente e que apresenta diversas funções, sendo indispensável para o desenvolvimento da vida e a produção de alimentos (DALMOLIN; TEN CATEN, 2015). Além disso, o solo apresenta cinco fatores de formação (material de origem, relevo, organismos, clima e tempo) (JENNY, 1941), tendo o relevo como o principal (CHAPLOT et al., 1998), pois o mesmo condiciona os fluxos de água na paisagem, e assim formando solos com diferentes características.

Para o mapeamento digital de solos, faz-se necessária a utilização dos atributos do terreno (AT), que são extraídos de um modelo digital de elevação (MDE) e são classificados como primários e secundários. Conforme Wilson e Gallant (2000) a elevação (ELEV), a declividade (DECLV), a curvatura no perfil (CPERF) e a curvatura no plano (CPLAN) são atributos primários. Os atributos secundários são calculados partindo de dois ou mais atributos primários e a sua importância está atrelada a aptidão de identificar padrões espaciais (SOARES, 2015). Estes AT também são utilizados em estudos sobre erosão, transporte de sedimentos e geomorfologia (MOORE et al., 1991).

A matéria orgânica do solo (MOS) é considerada o principal indicador de qualidade e fertilidade do solo, devido ao seu impacto nas propriedades químicas, físicas e biológicas (ROBERTSON et al., 2014).

A qualidade do solo está diretamente relacionada ao manejo adotado. Realizar práticas de manejo conservacionistas do solo proporcionam uma melhoria significativa na sua qualidade, isto de forma gradual. De outra forma, um manejo inadequado pode culminar na degradação do solo através de processos erosivos, de mudanças de uso e ocupação das terras, gerando uma redução significativa na sua fertilidade (LEITE et al., 2010).

Tem-se a necessidade de detectar as mudanças nos teores de MOS, ocasionadas por diferentes manejos e demonstrar estes valores relacionados com a paisagem, para isso, faz-se necessária a utilização de uma alta intensidade amostral e também o uso dos AT.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica espaço-temporal da matéria orgânica do solo e sua relação com os atributos do terreno, numa catena do Pampa Gaúcho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 S), na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Câmpus Santiago, RS.

De acordo com a classificação de Köppen (1938), o tipo climático da região é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C. O relevo apresenta feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 m. A área em estudo é formada por polipédons de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos.

No ano de 2016 a área de estudo estava sob o domínio do campo nativo, com mais de três décadas de ocupação e a mesma passou por um processo de gradagem e aração para a inserção da cultura da soja (*Glycine max*) de forma convencional. Em 2017, durante o inverno, foi realizado o plantio de milho (*Pennisetum americanum*) e posteriormente, no verão, foi inserida a cultura da soja em cultivo mínimo.

Foram coletadas amostras deformadas de solo, em 52 pontos de prospecções, em três momentos, pois as mesmas eram coletas sempre após a colheita da soja, ou seja, no ano seguinte ao seu plantio, perfazendo três anos de coletas. Foi utilizada uma malha, com intervalos regulares de 15 x 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 m.

Para a alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (*Global navigation Satellite System*), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (*Real Time Kinematic*), utilizando o datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S.

De posse das amostras beneficiadas dos solos (TFSA), o teor de carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico, proposto por Raij et al. (2001) e posteriormente, foi transformado para matéria orgânica (MO). A MOS foi classificada de acordo com Kiehl (1979).

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram extraídos de um Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução os atributos do terreno: elevação (MDE), declividade (DECLIV), curvatura no plano (CPLAN), curvatura no perfil (CPERF), fator topográfico (LS) e o índice de umidade do terreno (IUT). A escolha desses atributos para a caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de Wilson e Gallant (2000), e Dlugosz (2011).

A obtenção dos atributos do terreno foi realizada conforme as descrições a seguir:

- a) Elevação (m): Foi extraído diretamente do modelo digital de elevação (MDE);
- b) Declividade ( $^{\circ}$ ): A derivação da superfície resultou num vetor com a componente declividade;
- c) Curvatura no Perfil ( $m^{-1}$ ): O atributo foi extraído com o cálculo da primeira derivada da declividade;
- d) Curvatura no Plano ( $m^{-1}$ ): O atributo foi extraído com o cálculo da primeira derivada do aspecto;
- e) Fator LS (adimensional): Atributo análogo ao fator topográfico da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE);
- f) Índice de umidade do terreno (adimensional).

A variabilidade das frações da MOS foi avaliada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística. O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa ( $CV < 12\%$ ); média ( $12\% < CV < 60\%$ ); e alta ( $CV > 60\%$ ). Por se tratar de 52 amostras por ocupação, a hipótese de normalidade dos dados foi examinada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com 1 % de significância.

As análises geoestatísticas foram realizadas no software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1 (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geoestatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary). O estimador de krigagem ordinária é descrito por Trangmar et al. (1985), com a seguinte equação:  $\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$ , em que:  $\hat{Z}(x_0)$  é a estimativa de krigagem para o local  $x_0$  não amostrado;  $Z(x_i)$  valor obtido por amostra coletada a campo;  $n$  corresponde ao número de amostras vizinhas; e  $\lambda_i$  são os pesos da krigagem atribuídos aos valores vizinhos  $Z(x_i)$  para estimar  $\hat{Z}(x_0)$  (CARAM, 2007; SILVA JÚNIOR, 2014).

Assim, as estimativas lineares e não enviesadas preditas pelo interpolador de krigagem ordinária, o qual utiliza a informação estrutural obtida pelo variograma e também, que considera a incerteza associada às estimativas da variância da krigagem, confere continuidade aos dados

pontuais de uma amostra. Desta maneira, supera-se um dos gargalos das simulações espaciais, que é dar continuidade espacial acurada aos dados ou as informações de uma pesquisa.

Na sequência, estabeleceram-se semivariogramas para possibilitar a avaliação quantitativa das variáveis regionalizadas. Com o interpolador de krigagem ordinária, foram testados os seguintes modelos teóricos de semivariogramas: circular, esférico, exponencial e gaussiano.

O procedimento de seleção do modelo semivariográfico consiste, naquele que representar o melhor resultado no teste de validação cruzada (*cross-validation*). A partir da comparação entre os valores reais das variáveis com os seus valores preditos. A validação cruzada permite identificar a melhor estrutura de dependência espacial, indicando assim, o erro de predição de cada valor verificado (CARAM, 2007; SANTANA, 2011). Logo, os erros de predição testados, também chamados de resíduos, são: Média dos Erros Preditos (M), Média dos Erros Padronizada (MS), Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS).

Modelos que oferecem predições acuradas precisam obedecer a premissa de que as estatísticas M e MS devem estar próximas a zero, e os valores em RMS, ASE e RMSS sejam próximos de 1 (ESRI, 2016).

Do ajuste dos modelos de semivariogramas aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (IDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Em seguida, os mapas das variáveis foram gerados com a aplicação do interpolador de krigagem ordinária, seguindo a rotina: ArcToolbox → Spatial Analyst → Interpolação → Krigagem → Ordinária.

Por fim, para analisar o relacionamento entre as variáveis, efetuou-se a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,01$ ) entre os valores da MOS e dos AT. O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, valores positivos indicam que uma determinada propriedade aumenta em função da outra e valores negativos indicam o inverso. Conforme Evans (1996), as correlações são classificadas como: muito fraca (0,00 até 0,19), fraca (0,20 até 0,39), moderada (0,40 até 0,59), forte (0,60 até 0,79) e muito forte (0,80 até 1).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados da MOS foi normal, ao nível de significância de 99% (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva para a Matéria Orgânica do Solo, sob diferentes ocupações, numa catena do Pampa.

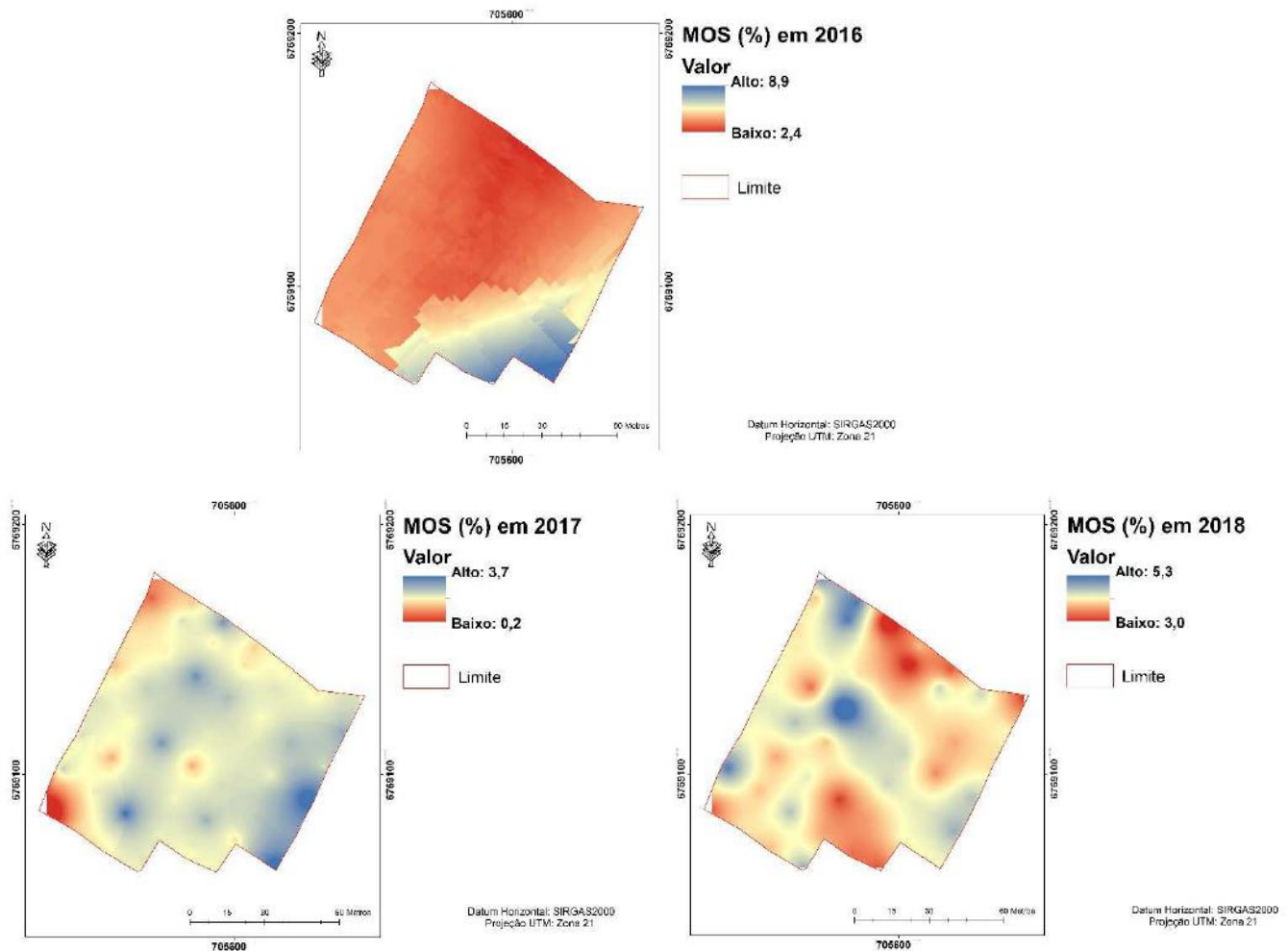
Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	K-S	Sig
MOS <sub>2016</sub>	52	2,4	8,9	3,2	28,27	1,528	0,019
MOS <sub>2017</sub>	52	0,2	3,7	2,5	19,86	0,978	0,295
MOS <sub>2018</sub>	52	3,0	5,3	4,0	10,60	0,644	0,802

CV: Coeficiente de Variação. K-S: Kolmogorov-Smirnov. Sig: Sgnificância. MOS: Matéria Orgânica do Solo.



A análise estatística descritiva releva que, para todos os anos, os valores médios da MOS não estiveram próximos ao ideal (5,00 %), conforme Kiehl (1979). Porém, cabe salientar que o aumento da MOS se dá de forma gradual e esse aumento pode amenizar efeitos negativos que ocorrem no solo, como por exemplo, a complexação do Alumínio, que é um elemento prejudicial para as plantas (SPERA, 2009) (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição espacial dos teores de Matéria Orgânica do Solo (MOS), sob diferentes ocupações, numa catena do Pampa.



A maioria dos dados apresentaram dispersão média, porém, o Cultivo Mínimo apresentou baixa dispersão (10,60 %). Isto está atrelado a menor variação dos valores da MOS dentre os 52 pontos analisados neste ano.

A análise geoestatística demonstra que a MOS, para todos os anos, apresentou efeito pepita próximo a 0, patamar variando entre 0,2011 e 1,0564 e um alcance que se alternou entre 28,84 e 170,26 m (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a Matéria Orgânica do Solo, sob diferentes ocupações, numa catena do Pampa.

Prop.	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	M	RMS	MS	RMS	ASE	DE	GDE
								S			1
MOS <sub>20</sub> <sup>16</sup>	Stable	170,26	1,0564	0,526	0,007	0,907	0,014	1,165	0,768	Mod	49,8
				5	8	8	2	9	8	.	4
MOS <sub>20</sub> <sup>17</sup>	Stable	31,33	0,2011	0,000	0,008	0,491	0,018	1,107	0,431	Fort	0,00
				0	7	2	4	1	0	e	
MOS <sub>20</sub> <sup>18</sup>	Stable	28,84	0,2036	0,000	0,002	0,452	0,003	1,074	0,424	Fort	0,00
				0	4	7	5	4	3	e	

1: %. Efeito pepita. M: Média. RMS: Raiz quadrada média. MS: Média padronizada. RMSS: Raiz quadrada média padronizada. ASE: Erro médio padrão. DE: Dependência Espacial. GDE (%): Grau de dependência espacial. MOS: Matéria Orgânica do Solo.

O efeito pepita demonstra a variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY 1986). Essa variável pode ser expressa em porcentagem em relação ao patamar, com a finalidade de facilitar a comparação entre o GDE e as variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). A análise do efeito pepita é de grande importância, pois, quanto menor for o seu valor, maior será a continuidade do fenômeno e menor será a variância da estimativa (ISAACKS, 1989). Assim, o valor encontrado no presente estudo indica que, o erro foi praticamente nulo para a MOS, e também, que a variável apresenta elevada continuidade espacial. Outro parâmetro de grande importância para a geoestatística é o patamar, que conforme Cambardella et al. (1994), está relacionado com a determinação do alcance, ou seja, sendo o limite entre a dependência espacial e a independência espacial dos dados, assim, determina qual o método estatístico deve ser utilizado para a realização da análise dos dados, como também na definição da mínima distância entre os pontos amostrais.

O alcance é um critério importante para estudos de geoestatística, que significa a distância máxima que a variável em estudo está correlacionada espacialmente (DAVIS, 1986), ou seja, maiores valores de alcance contribuem para uma maior confiança nas estimativas feitas (CORÁ, 2006). Assim, torna-se um elemento importante para o delineamento e avaliação experimental, contribuindo para a definição dos procedimentos amostrais (SOUZA et al., 2008). Portanto, o valor mensurado neste trabalho indica que a MOS apresenta elevada variação na área de estudo e que a grade amostral foi suficiente para sua descrição com exatidão (TABELA 2).

Para analisar a relação entre a MOS dos diferentes anos e os AT, realizou-se a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,01$ ) (Tabela 3).

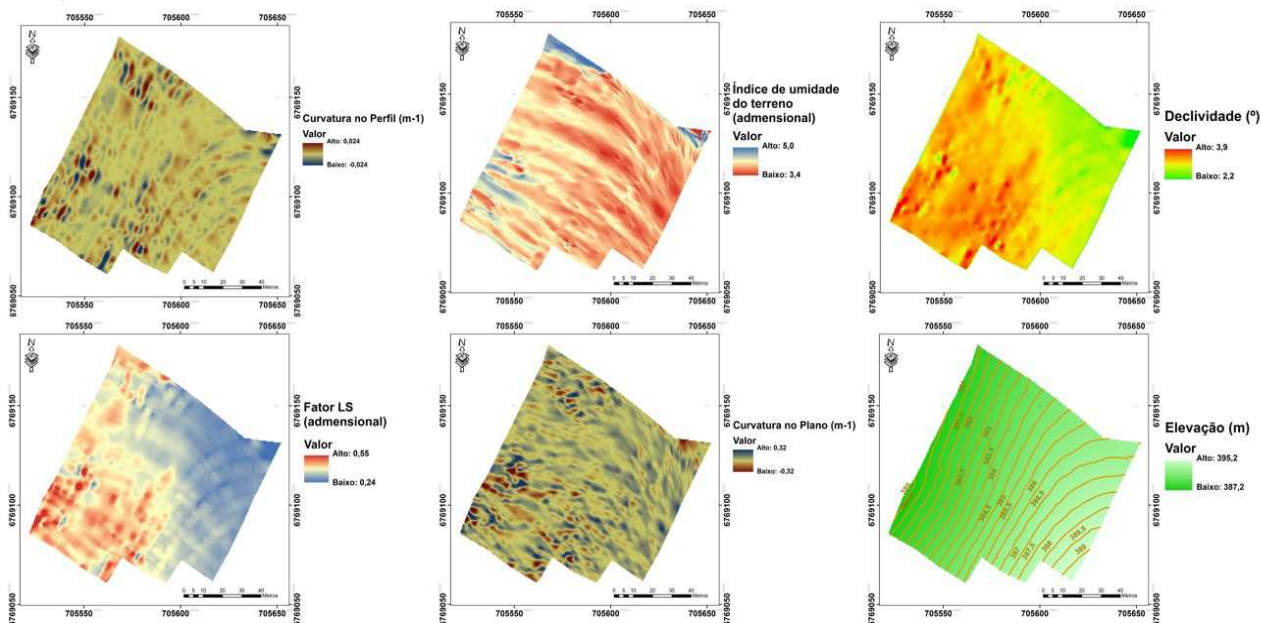
Desta maneira, observou-se que a MOS, para o ano de 2016 possui correlação positiva com a ELEV e negativa com a IUT. Já para o ano de 2017, a MOS apresentou correlação positiva com a ELEV e negativa com o IUT, DECLV e LS. Por fim, a MOS no ano de 2018 demonstrou correlação positiva com a DECLV e negativa com a ELEV e LS. Portanto, a correlação positiva indica o aumento ou a perda do teor de MOS em conformidade com o AT correlacionado, já a correlação negativa indica que o contrário. (FIGURA 2).

Tabela 3 - Significância e coeficientes de correlação de Pearson para Matéria Orgânica do Solo, sob diferentes ocupações, numa catena do Pampa.

Propriedade	MOS <sub>2016</sub>	MOS <sub>2017</sub>	MOS <sub>2018</sub>
Casos	552	52	52
ELEV	0,468**	0,606**	-0,303**
IUT	-0,227**	-0,238**	-0,068
CPLAN	-0,088	-0,080	0,011
DECLV	-0,28	-0,223**	0,332**
LS	-0,086	-0,279**	-0,579**
CPERF	0,006	0,050	0,004

MOS: Matéria Orgânica do Solo. ELEV: Elevação. IUT: Índice de Umidade do Terreno. CPLAN: Curvatura no Plano. DECLV: Declividade. LS: Fator LS. CPERF: Curvatura no Perfil.

Figura 2 - Mapas de distribuição espacial dos atributos do terreno de uma Catena do Pampa.



No ano de 2016, houve correlação positiva e moderada da MOS com o a ELEV, ou seja, demonstrando que nas áreas de maior elevação é onde ocorre o maior acumulo de MOS, assim, pode-se inferir que nessas áreas o solo é mais profundo e a ocorrência de processos erosivos é menor. Porém, o teor de MOS apresentou correlação negativa e fraca com o IUT, indicando que nas áreas onde se concentram os maiores fluxos d'água é onde ocorrem as maiores perdas de

solos e conseqüentemente as maiores perdas de MOS, isto também foi observado por Minella e Merten (2012).

Para o ano de 2017, a correlação apresentada entre a MOS e a ELEV foi positiva e forte, seguindo o mesmo padrão do ano de 2016, na área onde a elevação é maior, porém, neste ano os teores de MOS nesta foram reduzidos e redistribuídos, ficando também com um teor considerável no centro da área de estudo. A MOS apresentou correlação negativa e fraca com o IUT, DECLV e LS, ou seja, demonstrando que nas áreas mais declivosas, que tem a tendência maior em perder solo e que também apresenta os maiores valores de IUT, é onde apresentam os menores valores de MOS (CAPOANE, 2015).

Por fim, no ano de 2018, a MOS apresentou correlação negativa e fraca com a ELEV e a DECLV, e correlação negativa e moderada com o LS. As correlações apresentadas neste ano seguem os padrões apresentados nos anos anteriores, ou seja, nas áreas de maior declividade e IUT os valores diminuem e nas áreas onde a elevação é mais alta ou mais baixa os teores de MOS acabam sendo maiores.

O monitoramento deste área vai seguir sendo feito pelos próximos anos, para buscar um melhor entendimento entre os teores de MOS e as propriedades químicas e físicas do solo e como eles estão associadas aos AT. A tendência é de que os valores de MO aumentem e que os seus teores apresentem uma distribuição lógica na área, pois a área está sendo preparada de forma conservacionista e caminhando para a consolidação de um Sistema de Plantio Direto. Também, adotaremos práticas edáficas, vegetativas e mecânicas voltadas para a conservação do solo e da água.

#### 4 CONCLUSÕES

A utilização de práticas convencionais de preparo do solo, em sistemas já consolidados, reduz drasticamente os teores de Matéria Orgânica do Solo.

Os Atributos do Terreno apresentam correlação com os teores de Matéria Orgânica do solo.

A densidade amostral foi extremamente importante para a definição das variáveis com exatidão.

É possível estabelecer padrões de distribuição espacial das propriedades do solo baseados nas feições do relevo.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D.L.; NOVAK, J.M.; TURCO, R.F.; KONOPKA, E. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

CAPOANE, V. **Influência do relevo e do uso da terra na distribuição espacial e vertical de fósforo e carbono do solo em uma bacia hidrográfica do planalto do rio grande do sul**. 2015. 123p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CARAM, R. O. **Reconstrução de séries e análise geoestatística da precipitação no Estado de Minas Gerais**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/ MG.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 374-387, 2006.

CHAPLOT, V.; WALTER, C.; CURMI, P. **Modeling soil spatial distribution: sensitivity to DEM resolutions and pedological data availability**. In: WORLD CONGRESS O<sup>2</sup> SOIL SCIENCE, 16, 1998, Montpellier, France. Proceedings ...Montpellier: IUSS, 1998.

DALMOLIN, R. S. D.; TEN CATEN, A. Mapeamento Digital: nova abordagem em levantamento de solos. **Investigación Agraria**, v. 17, p. 77-86, 2015.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. 2 ed. New York: John Wiley, 1986. 646p.

Dlugosz, V. Impacts of soil redistribution processes on soil organic carbon stocks and fluxes in a small agricultural catchment. **PhD thesis**, Universität zu Köln, 2011.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geoestatistical analyst**. Redlands, 2016.

EVANS, J. D. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences**. Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Publishing; 1996.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561p.

JENNY, H. **Factors of soil formation; a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941, p. 281.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo planta**. São Paulo: Agronomia Ceres, 1979. 262p

KÖPPEN, W. P. **Das geographic system der climate**. In: W. Köppen and R. Geiger, editors, *Handbuch der Klimatologie*. C.G. Borntraeger, Berlin. 1938. p. 1-44.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H. Índices topográficos aplicados à modelagem agrícola e ambiental. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1575-82, set. 2012.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R.; LADSON, A. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 3-30, 1991.

McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v. 37, p. 617-639, 1986.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

ROBERTSON, G. P.; GROSS, K. L.; HAMILTON, S. K.; LANDIS, D. A.; SCHMIDT, T. M.; SNAPP, S. S.; SWINTON, S. M. Farming for ecosystem services: An ecological approach to production agriculture. **Bioscience**, v. 64, p. 404-415, 2014.

SANTANA, R. A. **Avaliação de técnicas geoestatísticas no inventário de povoamentos de *Tectona grandis* L. f.** 2011. 43 p. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA JÚNIOR, J. F. da. **Simulação geoestatística e classificação numérica para o delineamento de unidade de mapeamento de atributos e erosão do solo**. 2014. 111p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

SOARES, J. C. W. Atributos do terreno na diferenciação e no mapeamento digital de solos. 2015. 96p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SOUZA, G. S.; LIMA, J.S. de S.; SILVA, S. de A., OLIVEIRA, R.B. de. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolosob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 589-596, 2008.

SPERA, S.T. **Atributos físicos e químicos de um latossolo e produtividade de culturas, em função de manejo de solo e de rotação de culturas**. 2009. 228p. Tese Doutorado.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis (Ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: Wiley & Sons, 2000. 27p.

## VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ACIDEZ E DA DEMANDA POR CALAGEM DOS SOLOS CULTIVADOS COM SOJA, NUMA CATENA DO PAMPA.

### *Spatial and Temporal Variability of Soil Acidity and Limestone Demand of a soybean-cultivated catena in the pampa.*

Lucas Nascimento Brum<sup>1</sup>, Julio César Wincher Soares<sup>1</sup>, Guilherme Fávero Rosado<sup>1</sup>, Daniel Nunes Krum<sup>1</sup>, Higor Machado de Freitas<sup>2</sup>, Matheus Ribeiro Gorski<sup>1</sup>, Otávio Garcia Medeiros<sup>1</sup>, Vitória Silva Coimbra<sup>1</sup>, Thaynan Hertz de Lima<sup>1</sup>, Gabriel Rodrigues Gomes<sup>1</sup>, Luryan Delevati Dorneles<sup>1</sup>, Vanessa Tadiello Gampert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões, Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733, 97700-000, Santiago – Rio Grande do Sul, Brasil,

lucasbrum13@hotmail.com; juliowincher@gmail.com; guilhermeefavoro@hotmail.com; gabgomes136@gmail.com; vanessa@urisantiago.br; matheusgorski3@gmail.com; lurydd@live.com; otaviogarciamedeiros@outlook.com; daniel.krum@hotmail.com; toiacimbra1@hotmail.com; thaynanh.lima@hotmail.com.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria - Rio Grande do Sul, Brasil, higormfreitasagro@gmail.com

### RESUMO

O conhecimento da variabilidade espaço-temporal das propriedades químicas do solo permite o manejo da sua fertilidade, com a finalidade de melhorar sua capacidade produtiva. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da acidez e da demanda por calagem dos solos cultivados com soja, numa catena do pampa. O trabalho foi realizado na fazenda escola da URI, Campus Santiago, RS. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0 a 0,2 m, em 52 pontos, através de uma grade 15 x 15m, nos diferentes momentos e sistemas de ocupação. Utilizando-se da geoestatística, foi possível determinar a dependência espacial da necessidade de calagem, e verificar a suficiência amostral da área em estudo. Foi observada a variabilidade espaço-temporal da acidez do solo nas demandas por calcário, com diferentes doses, nos diferentes momentos de ocupação. As variáveis estudadas, nos diferentes momentos, apresentaram relações em sua distribuição. A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis.

**Palavras-chave:** Fertilidade química. Geoestatística. Agricultura Digital.

### ABSTRACT

Knowing the spatiotemporal variability of chemistry soil properties allows the management of its fertility, with the purpose of improving its productive capacity. In this sense, this study aimed to evaluate the spatiotemporal variability of acidity and liming demand of soils for soybean, in a Pampa catena. The work was carried out at the Fazenda Escola da URI, Campus Santiago, RS. Soil samples were collected at a depth of 0 to 0.2 m, in 52 points, through a 15 x 15m grid, at different times and occupation systems. Using geostatistics, it was possible to determine the spatial dependence of liming need, and to verify the sample sufficiency of the study area. Spatio-temporal variability of soil acidity was observed in the demands for limestone, with different doses, at different occupation times. The studied variables, at different times, presented relationships in their distribution. The sample density was of great importance for the accurate

prediction of the variables.

**Keywords:** Chemical fertility. Geostatistics. Digital agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos anos 60, com a introdução da soja, inseriu-se no pampa gaúcho atividades ligadas à agricultura (VERDUM, 2006), onde os campos nativos são transformados em novas áreas de cultivos (BOLDRINI, 2007), tornando-se assim, uma das principais fronteiras agrícolas brasileiras.

Atualmente, com o avanço da tecnologia e dos métodos de predição de atributos do solo é possível descrever de forma mais acurada uma propriedade dentro de uma gleba. Demonstrando assim, os fatores que podem afetar a produtividade das culturas e suas relações, como observado em processos de acidificação dos solos.

Um dos fatores que causam maiores problemas de toxicidade em solos com pH abaixo de 5,0 é a sua elevada concentração de alumínio (Al) disponível, constituindo um fator limitante para o crescimento das plantas. A presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento radicular, diminuindo a absorção de nutrientes e assim, afeta a produção agrícola (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001). Conforme Ernani (2008), a acidez potencial do solo é constituída pelo somatório de todas as fontes de  $H^+$  que existem em seus componentes sólidos, principalmente, o alumínio trocável e os grupos funcionais orgânicos e inorgânicos. Sendo, portanto, proporcional aos teores de alumínio, argila e de matéria orgânica existentes, são determinante na necessidade de calagem.

Este fenômeno representa a ligação entre o Al e o íon hidrogênio ( $H^+$ ), que pode ser estimado pelo método de pH SMP, por existir forte correlação entre ambos (KAMINSKI et al. 2001); sendo um método simples e que auxilia na determinação da necessidade de calagem para a melhoria da fertilidade do solo. Isso se deve ao equilíbrio entre a acidez do solo e a alcalinidade do tampão (FREITAS et al., 1968; KAMINSKI, 1974; SOUZA et al., 1980).

Como observado por Defelipo et al., (1972), a necessidade de calcário não é dependente apenas da concentração de hidrogênio, mas especialmente da capacidade tamponante do solo, relacionada de forma direta com os tipos e o teor de argila, assim como o conteúdo de matéria orgânica presente no solo. A quantidade de íons  $H^+$  que o solo é capaz de liberar durante a neutralização da acidez é denominada fator quantidade, a resistência a variação do pH original é o seu poder tampão, chamado de fator capacidade da acidez do solo (MELO, 1985).

O índice SMP se mostra ineficiente para a estimativa de recomendação de calcário em solos com baixo poder tampão; assim, uma alternativa para esta situação é a utilização de equações baseadas nos teores de matéria orgânica e alumínio para estes solos, conforme preconizado pela CFSRS/SC (1994).

Para aplicações agrícolas, torna-se necessário o estudo da variabilidade espaço-temporal das propriedades químicas do solo, utilizando técnicas aplicadas à variáveis regionalizadas, podendo estas, serem simuladas por meio da geoestatística (VIEIRA et al., 1983; VIEIRA, 2000), resultando na elaboração de mapas acurados para as bases de informação dos setores de produção (McBRATNEY et al., 1986). A geoestatística é a parte da estatística que desenvolve e aplica modelos que representam fenômenos naturais, cujas propriedades variam em função da localização espacial dos pontos de medição (MEIRELLES et al., 2007). Assim, pode-se identificar e avaliar a variabilidade espacial das propriedades químicas do solo, e deste modo determinar uma nova dimensão para a análise e interação



destas propriedades (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2008). Para estimar os valores dos atributos em locais não amostrados é utilizado o interpolador de krigagem ordinária (GOMES et al., 2007).

Conforme a premissa supracitada, o estudo da variabilidade espaço-temporal é capaz de avaliar e gerir as propriedades químicas dos solos, proporcionando a gestão de sua fertilidade para o aumento da produção.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da acidez e da demanda por calagem dos solos cultivados com soja, numa catena do pampa.

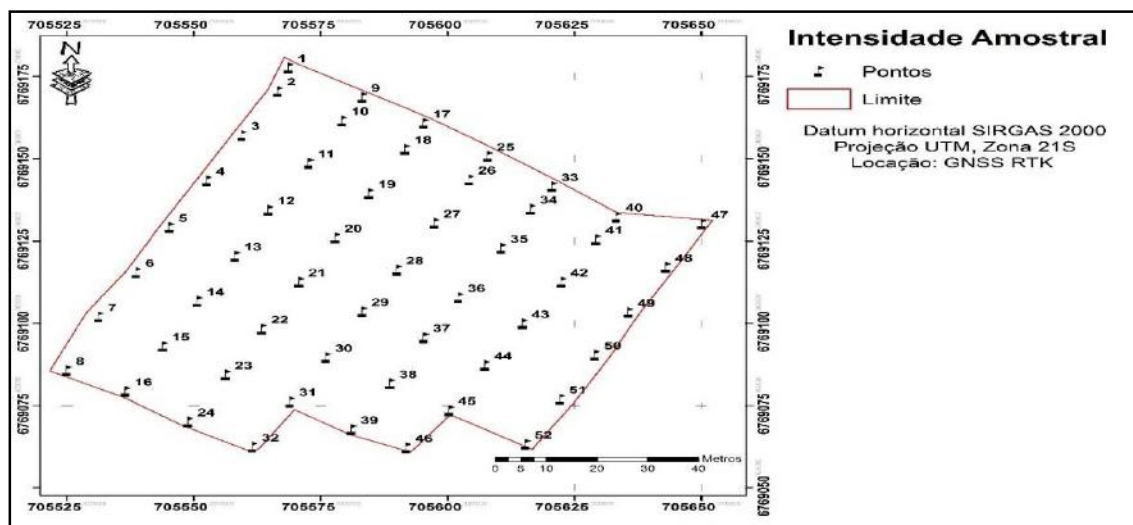
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um catena de 1,17 ha, localizada na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus Santiago, no Vale do Jaguari, RS, nas coordenadas 6769119.44 m E, 705573.07 m S, com declividade média de 5,23° e elevação de 383 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação excessiva em todos os meses do ano, satisfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm; com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961).

A descrição pedométrica foi realizada em diferentes momentos (2016 - 2017 - 2018), com diferentes ocupações. Primeiramente, sob campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento, no ano seguinte, nesta mesma área foi realizado o preparo convencional e inserida a cultura da soja, e no ano de 2018, foi estabelecido o cultivo mínimo. Foi realizada a coleta de amostras de solo em 52 pontos de prospecção, em uma malha com intervalos regulares de 15 metros, na profundidade de 0,0 – 0,2 m. Durante o período foram coletadas amostras deformadas, compostas em um raio de 5 metros do ponto central, nos diferentes sistemas (FIGURA 1).

**Figura 1.** Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.



A locação dos pontos contou com o apoio de receptores GNSS (Global Navigation Satellite System), modelo viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK

(Real Time Kinematic), com referencial geodésico no Datum horizontal SIRGAS2000, zona 21 S.

No laboratório, as amostras foram submetidas a determinação do pH SMP, analisado através da solução tampão SMP, inicialmente sugerida por Shoemaker et al., (1961); do Al trocável por meio de titulação, conforme Embrapa (1997); do H+Al e do pH H<sub>2</sub>O, conforme Donagemma et al., (2011). Os valores de matéria orgânica (MO), foram obtidos com a transformação do teor de carbono orgânico (CO), determinado conforme Raij et al, (2001). O cálculo de necessidade de correção foi baseado no pH SMP, conforme a recomendação para o primeiro ano de correção. Para os anos seguintes, a recomendação foi realizada através da equação polinomial, baseando-se nos teores de matéria orgânica e alumínio, como recomendado para solos de baixo poder tampão, assim como é prescrito pela CFSRS/SC (1994).

Os resultados das diferentes variáveis, nos diferentes períodos, foram submetidos à análise estatística descritiva, com teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,01$ ). O Coeficiente de Variação (CV) das variáveis foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), que considera variabilidade baixa ( $CV < 12\%$ ), média ( $12\% < CV > 60\%$ ) e alta ( $CV > 60\%$ ).

Através da geoestatística, os modelos de semivariogramas foram ajustados aos dados, sendo assim, definidos tais parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o Grau de Dependência Espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al., (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial é moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar, e a dependência espacial é considerada forte, quando a razão do efeito pepita for igual ou inferior a 25 % do patamar.

Posteriormente, no software ArcGIS® 10.5.1 foram elaborados mapas utilizando o algoritmo preditor de krigagem ordinária, demonstrando um maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de extrema importância para a qualidade do estudo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às análises estatísticas descritivas apresentaram distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,01$ ) (TABELA 1).

O campo nativo (2016) apresentou valor médio de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> de 4,5, considerado um fator limitante, pois valores de pH para um bom crescimento e desenvolvimento da maioria das culturas varia de 5,5 a 6,3; conforme Sousa et al., (2007), com CV baixo (9,27 %), demonstrando baixa dispersão dos dados (TABELA 1).

Os valores de H+Al culminaram numa média de 11,8 cmolc.dm<sup>-3</sup>, com CV médio (14,05 %), demonstrando que a área estudada possuía alta acidez potencial, com Al médio de 2,4 cmolc.dm<sup>-3</sup>, considerado alto (SOBRAL et al., 2015), potencialmente limitante à fertilidade do solo, apresentando dispersão média (59,5 %) (TABELA 1).

A análise estatística descritiva para os solos da catena, após a inserção da soja em plantio convencional (2017), apresentou valor médio de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> de 4,8; demonstrando o efeito da correção por calcário do ano anterior, porém, ainda limitante, abaixo dos valores considerados ideais de 5,5 a 6,3; de acordo com Sousa et al., (2007), com dispersão baixa de dados (CV de 3,54%) (TABELA 1).

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva e teste de normalidade para variáveis ligadas a acidez do solo, numa catena do Pampa Gaúcho.

Prop.	Casos	Mín.	Máx.	Méd.	CV (%)	K-S	SIG
<b>Campo Nativo (2016)</b>							
pH H <sub>2</sub> O	52	3,7	5,4	4,5	9,2	0,9	0,3
H + Al	52	6,6	14,9	11,8	14,0	0,5	0,9
Al	52	0,1	6,5	2,4	59,5	1,1	0,1
m%	52	1,1	62,0	29,7	49,5	0,6	0,7
Calcário (t.ha <sup>-1</sup> )	52	5,4	10,7	8,8	11,3	1,2	0,1
<b>Preparo Convencional (2017)</b>							
pH H <sub>2</sub> O	52	4,4	5,1	4,8	3,5	1,2	0,0
H + Al	52	4,9	19,4	10,8	31,7	0,9	0,3
Al	52	0,3	5,5	2,2	54,0	0,9	0,3
m%	52	3,2	51,0	25,0	52,9	1,1	0,1
Calcário (t.ha <sup>-1</sup> )	52	2,1	14,3	6,9	39,3	0,7	0,9
<b>Cultivo Mínimo (2018)</b>							
pH H <sub>2</sub> O	52	4,3	6,0	5,2	5,9	1,5	0,0
H + Al	52	2,0	17,3	6,5	50,5	0,8	0,4
Al	52	0,2	4,7	1,7	52,5	1,0	0,2
m%	52	2,0	41,1	15,6	54,3	0,9	0,3
Calcário (t.ha <sup>-1</sup> )	52	3,4	13,7	7,0	30,9	0,7	0,6

t.ha<sup>-1</sup>: Toneladas por hectare. Prop: Propriedade. Mín.: Mínimo. Máx.: Máximo CV: Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. SIG: Significância.

Os valores de H+Al apresentaram média de 10,88 cmolc.dm<sup>-3</sup>, com CV médio (31,70 %), demonstrando leve diminuição da acidez potencial, com Al médio de 2,24 cmolc.dm<sup>-3</sup>, valor ainda considerado limitante ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas, como dispersão média de dados (54,01 %) (TABELA 2). A saturação por alumínio (M) teve leve redução, com valor médio de 25,7% e dispersão média (CV de 52,96%), demandando menos calcário, com média de 6,98 t.ha<sup>-1</sup> (CV de 39,39%) (TABELA 1).

Conforme a análise estatística descritiva para o ano de 2018, com a implantação da soja com cultivo mínimo (CM), o solo apresentou valor médio de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> de 5,2, demonstrando melhora considerável nas condições da acidez em relação aos anos anteriores, com maior proximidade aos valores considerados ideais, apresentando baixa dispersão nos dados (CV de 5,93%) (TABELA 1).

Os valores de H+Al demonstraram a redução da acidez potencial pós inserção do cultivo mínimo, com valor médio de 6,57 cmolc.dm<sup>-3</sup> e dispersão dos dados considerada média (CV de 50,53 %); com redução no valor do Al (1,75 cmolc.dm<sup>-3</sup>) de média dispersão (CV de 52,57%) (TABELA 1).

A saturação por alumínio (m%) foi reduzida, sendo considerada com menor poder fitotóxico, conforme Osaki (1991), com valor médio de 15,69%, de média dispersão (CV de 52,96 %). Assim, a demanda por calcário foi de 7,01 t.ha<sup>-1</sup>, com média dispersão na catena (CV de 30,95%) (TABELA 1).

Quanto aos parâmetros analisados no modelo dos semivariogramas, no primeiro

momento, os dados da necessidade de calcário se ajustaram ao modelo stable, com alcance de 138,73 m, patamar 1,27 e efeito pepita de 0,00, apresentando grau de dependência espacial classificado como forte, com valor de 0% (TABELA 2).

**Tabela 2.** Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade da demanda por calcário de solos, numa catena do Pampa Gaúcho, sob diferentes sistemas de ocupação.

Sistemas	CN	PC	CM
Modelo	Stable	Gaussiano	Gaussiano
Alcance	138,73	170,26	25,53
Patamar	1,27	14,30	2,32
Pepita	0,00	3,20	0,98
M	0,01	0,05	-0,05
RMS	0,90	2,02	1,58
MS	0,02	0,02	-0,02
RMSS	1,00	1,01	0,97
ASE	0,91	2,00	1,64
DE	Forte	Forte	Moderado
GDE (%)	0,00	22,43	42,11

CN: Campo Nativo. PC: Plantio Convencional. CM: Cultivo Mínimo. M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. DE: Dependência Espacial. GDE: Grau de Dependência Espacial.

Após a inserção do cultivo da soja com sistema convencional, os dados da necessidade de calcário ajustaram-se ao modelo gaussiano, apresentando alcance de 170,26 m e patamar de 14,3, com efeito pepita de 3,2 e grau de dependência espacial forte (TABELA 2).

No ano de 2018, com a inserção de cultivo mínimo na área, os dados geoestatísticos da de necessidade de calcário ajustaram-se novamente ao modelo gaussiano, com alcance de 25,53 m, patamar de 2,32 e efeito pepita de 0,98; apresentando grau de dependência espacial classificado como moderado (TABELA 2).

Conforme a Tabela 2, a equidistância da grade amostral foi suficiente para descrever com exatidão as propriedades analisadas, pois os valores de alcance identificados nas análises foram superiores a 15 m. De acordo com Vieira et al. (1997), o alcance indica a distância onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si. Assim demonstrando ser um instrumento necessário para o planejamento e avaliação experimental, auxiliando na definição dos procedimentos de amostragem (McBRATNEY; WEBSTER, 1986).

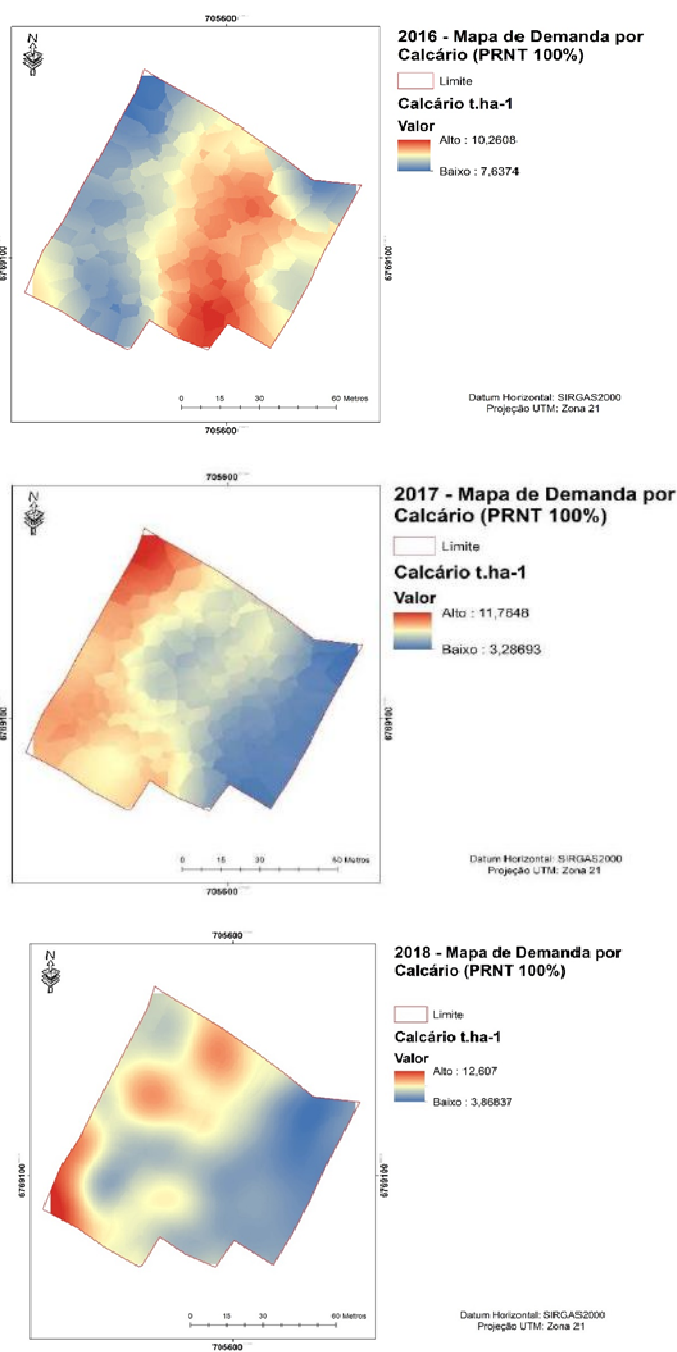
O efeito pepita é o valor da semivariância para uma distância maior do que zero e menor do que a menor distância de amostragem, representa o componente da variação ao acaso, portanto, em uma análise na qual o efeito pepita resultante for 0, há o indicativo que o erro experimental é praticamente nulo, e que não existe variação significativa para distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR et al., 1985).

A dependência espacial é descrita como um valor de uma variável que se assemelha mais com suas amostras vizinhas do que com o restante das amostras mais distantes do conjunto, sendo avaliada a intensidade deste fenômeno pelo Grau de Dependência Espacial

(GDE).

Com a sobreposição dos mapas de demanda por calagem, nos diferentes momentos do estudo, podemos inferir que os valores de pH e de acidez potencial (H+Al) apresentaram relações inversamente proporcionais, com a diminuição dos valores de pH, aumentou a acidez potencial e o teor de alumínio disponível, interferindo na necessidade de calagem.

**Figura 2.** Mapas da distribuição espacial da acidez e da necessidade de calcário, em três anos de monitoramento espaço-temporal.



#### 4 CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal da acidez do solo nas demandas por calcário, com diferentes doses, nos diferentes momentos de ocupação.

As variáveis estudadas, nos diferentes momentos, apresentaram relações em sua distribuição.

A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis.

#### REFERÊNCIAS

BOLDRINI, I. I. et al. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Editora Pallotti, 2010.

BOLDRINI, I. I. **Bioma Pampa: opiniões sobre as florestas nativas brasileiras**, março/maio, 2007, p. 24.

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.258-267, 2011.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. e KONOPKA, A.E. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBRS-NRS/EMBRAPA-CNPT, 1994. 224p.

DEFELIPO, B. V. BRAGA, J. M.; SPIES, C. Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 111-136, 1972.

DONAGEMMA G.K., V.D.B. Campos, S.B. Calderano, W.G. Teixeira e J.H.M. Viana. 2011. **Manual de métodos de análise de solo**. 2a ed. Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, Brasil.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages. 2008. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

(Embrapa – CNPS. Documentos, 1).

FREITAS, L.M.M.; PRATT, P.F. & VETTORI, L. **Testes rápidos para estimar a necessidade de calcário em alguns solos do estado de São Paulo**. Pesq. Agrop. Bras., 3:159-164, 1968.

GOMES, et al. Métodos de ajustes e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 435-443, 2007.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. et al. Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de Cabeceira. **Ciência e Agrotec-nolia, Lavras**, v. 32, n. 3, p. 914-922, 2008.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. Geomática: **Modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. 593 p.

MCBRATNEY AB, WEBSTER R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **European Journal of Soil Science**, v.37, n.4, p.617-639, 1986.

MELO, F. A. F. Seminário sobre Corretivos Agrícolas: **Origem, natureza e componentes da Acidez do Solo: Critérios para Calagem**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. Fundação Cargill. Piracicaba – São Paulo. cap. II p. 67, 1985.

KAMINSKI, J. **Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974. 96p. (Tese de Mestrado)

KAMINSKI J. RHEINHEIMER DS, BARTZ HR, GATIBONI LC, BISSANI CA, ESCOSTEGUY PAV. **Proposta de nova equação para determinação do valor de H + Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC**. Reunião anual da rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, v.33, p. 21-26, 2001.

KIEHL, E.K. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

SHOEMAKER H.E., MCLEAN E.O., PRATT P.F., **Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum**. Soil Sci. Soc. Am. v. 25, p.274-277, 1961.

SOBRAL L.F. et al. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos – Aracaju** :Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar de calcário em solos do cerrado de Goiás e do Distrito Federal. **R. Bras. Ci. Solo**, 4:144-148, 1980.

SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; OLIVEIRA, S.A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG; 2007. 1017p.: il. cap. 5, p. 205-274.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

VERDUM, R. O pampa. Ainda desconhecido. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos - IHU Online**. São Leopoldo, 7 agosto de 2006, n. 183, p.4-9.

VIEIRA SRJL, HATFIELD J, NIELSEN D, BIGGAR J. **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. Hilgardia, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP)**. Bragantia, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

VIEIRA SR. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. e SCHAEFER, G.R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

WARRICK A.W., NIELSEN D.R., **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.



## DIFERENTES SUBSOLAGENS NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

### *Different subsolages in corn crop (Zea mays L.)*

Idroilson Vieira de Oliveira<sup>1</sup>, Paulo Henrique Conte<sup>1</sup>, Junior Verardi<sup>1</sup>, Artur Zancan<sup>1</sup>, Kézia de Sá da Silva Conceição<sup>2</sup>, David Peres da Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmicos do curso Bacharel em Agronomia, Núcleo de Estudos em Solos e Máquinas Agrícolas (NESMA), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Sertão, NESMA, Rodovia RS 135, Km 25, Distrito Eng. Luiz Englert, CEP: 99170-000, Sertão/RS, Brasil, [idroilson@hotmail.com](mailto:idroilson@hotmail.com), [pauloconte20@gmail.com](mailto:pauloconte20@gmail.com), [junior.verardi@hotmail.com](mailto:junior.verardi@hotmail.com), [zancan.artur@gmail.com](mailto:zancan.artur@gmail.com)

<sup>2</sup> Acadêmica do curso Licenciatura em Ciências Biológicas, NESMA, IFRS- Campus Sertão, CEP 99170-000, Sertão – RS, Brasil, [kezasaa@gmail.com](mailto:kezasaa@gmail.com)

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Prof. Doutor do IFRS- Campus Sertão, NESMA, CEP 99170-000, Sertão – RS, Brasil, [david.darosa@sertao.ifrs.edu.br](mailto:david.darosa@sertao.ifrs.edu.br)

### RESUMO

Os fatores fisiológicos que determinam a produtividade de uma cultura são influenciados pela compactação do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar através da técnica de agricultura de precisão (AP) o efeito físico de dois tipos de subsoladores no desenvolvimento e produtividade do milho. O experimento foi realizado em 3 talhões de 0,5 ha cada, com os seguintes manejos: solo sob sistema plantio direto (SPD, testemunha), cultivo mínimo com subsolador convencional (CMc) e cultivo mínimo com subsolador com disco de corte e rolo destorroador (CMd). Os parâmetros avaliados foram altura de plantas, profundidade de guilhotina, área de revolvimento de solo (ARS) e produtividade. O SPD foi melhor em relação aos cultivos mínimos, por apresentar uma menor área de revolvimento, pensando nos princípios conservacionistas de solo de baixa área mobilizada, porém os cultivos mínimos apresentaram produtividade superior, em torno de 1,5 Mg. ha<sup>-1</sup> em relação ao SPD, também sendo mais uniforme dentro das suas respectivas áreas.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão. Cultivo mínimo. Sistema plantio direto

### ABSTRACT

The physiological factors that determine crop yield are influenced by soil compaction. The objective of this work was to evaluate through the technique of precision agriculture (AP) the physical effect of two subsoiler types on the development and yield of corn. The experiment was carried out in 3 plots of 0.5 ha each, with the following management: soil under no-tillage system (SPD, control), minimum tillage with conventional subsoiler (CMc) and minimum tillage with subsoiler with cutting disc and tearing roll (CMd). The evaluated parameters were plant height, guillotine depth, soil revolving area (ARS) and productivity. The SPD was better in relation to the minimum crops, because it presented a smaller area of tillage, considering the conservationist principles of soil of low mobilized area, but the minimum crops presented superior productivity, around 1.5 Mg. ha<sup>-1</sup> in relation to SPD, also being more uniform within their respective areas.

**Keywords:** Precision agriculture. Minimum tillage. No-tillage

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto é uma técnica que contribui para a sustentabilidade da agricultura, uma vez que consiste em evitar o revolvimento do solo, mantendo a matéria orgânica e os restos dos cultivos anteriores na superfície (GAMERO, 2008).

Práticas de manejo adequadas para o solo proporcionam uma melhoria significativa na qualidade das propriedades, isto de forma gradativa, até chegar a uma fertilidade química, física e biológica ideal. Em contrapartida, um manejo inadequado pode culminar na degradação do solo

através de processos erosivos, de mudanças de uso e ocupação das terras, gerando uma redução significativa na fertilidade do solo (LEITE et al., 2010). Também, após vários anos de uso deste sistema, alguns problemas relacionados à compactação de solos vêm sendo encontrados (CHEN et al, 2014).

O termo compactação do solo refere-se ao processo de decréscimo de volume de solo não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais (LIMA, 2004). Dentre as técnicas utilizadas para a redução dos efeitos da compactação, é a mobilização mecânica, empregando o uso de escarificadores e/ou subsoladores, resultando em maior aeração e condutividade hidráulica no solo (ROSA et al. 2012), também com benefícios imediatos dessa prática, têm-se o rompimento da camada compactada, com o aumento da porosidade total e redução da densidade do solo (DRESCHER, 2015). Porém ainda não se sabe ao certo a duração desse efeito no solo, para Secco; Reinert (1997) chega até a 10 meses após o preparo, já Mahl et al. (2004) falam em 18 meses, não encontraram mais efeito no solo.

Segundo Corá et el. (2004) o manejo regionalizado do solo e da cultura é parte integrante de um sistema de Agricultura de Precisão, o qual envolve conceitos de uso de informações sobre a variabilidade de propriedades locais de uma área, visando ao aumento da produtividade, otimização no uso dos recursos e redução do impacto da agricultura ao meio ambiente.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito dos diferentes métodos de subsolagem, no desenvolvimento e na produtividade da cultura do milho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Sertão, em Sertão (RS), em Nitossolo Vermelho Distrófico (Streck et al., 2008). O clima da região é do tipo mesotérmico úmido com verão quente (Cfa) e temperatura média de 17,6°C segundo Koppen, possuindo uma altitude média de 685 m.

O experimento foi instalado em uma área de produção de grãos em 2017, sendo realizado em 3 talhões de 0,5 ha cada, com os seguintes tratamentos: sistema plantio direto (SPD) (testemunha), cultivo mínimo com subsolador convencional de configuração simples (CMc) e cultivo mínimo com subsolador, com disco de corte e rolo destorroador (CMd). As subsolagens foram realizadas no dia 10 de outubro de 2016, as coletas dos dados foram efetuadas durante o desenvolvimento vegetativo do milho 2018/2019.

Para qualificação dos efeitos das estratégias de redução da compactação, foram mensurados parâmetros de solo e planta, sendo: área de solo revolvida (ARS), profundidade da guilhotina na semeadura, altura de plantas e produtividade.

Para delimitação espacial da área e localização dos pontos do gride amostral, utilizou-se um GNSS da marca Garmin® modelo Etrex 20, onde foi realizado uma malha quadrática. Para a medição da área de revolvimento do solo pelo sulcador e a medição da área de revolvimento de solo (ARS) pelo sulcador na semeadura, sendo realizada através de um perfilômetro, que continha 26 varetas de ferro equidistantes 0,015 m, capazes de efetuar leituras de cota até 0,21 m. O aparelho foi disposto anteriormente e após a semeadura, sendo instalado transversalmente a linha de semeadura, disposto sobre duas estacas, nivelado, e tirado uma fotografia para após, através do Autocad Student, calcular a ARS através da diferença de perfil natural (antes da semeadura) para o perfil mobilizado (após a semeadura).

A profundidade de trabalho da guilhotina foi avaliada através de uma régua metálica, a altura de plantas foi avaliada no florescimento, produtividade foi avaliada no final do ciclo produtivo da cultura.

Os dados foram tabulados em planilhas do Excel, posteriormente foi realizado a estatística descritiva, valores médios (M), mínimos (Mn), e máximos (Mx), coeficiente de variação (CV),

desvio padrão (S), assimetria (Ass) e curtose (C). Os parâmetros geoestatísticos, como índice de dependência espacial (IDE), efeito pepita (C<sub>0</sub>), patamar (C<sub>0</sub>+C) e alcance (A), com os mapas foram processados pelo software Campeiro 7®, que também foi utilizado para realizar o mapa de contorno, a montagem dos grides e os mapas de isolinhas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise estatística descritiva em relação à altura de plantas, profundidade da guilhotina, área de revolvimento de solo (ARS) e a produtividade do milho.

Tabela 1- Estatística descritiva

Trat.	Parâmetros estatísticos							IDE <sup>(9)</sup>	C <sub>0</sub> <sup>(10)</sup>	C <sub>0</sub> + C <sup>(11)</sup>	A <sup>(12)</sup>
	M <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(3)</sup>	Mx <sup>(4)</sup>	Ass <sup>(5)</sup>	S <sup>(6)</sup>	C <sup>(7)</sup>	CV <sup>(8)</sup>				
Altura de planta											
CMc	224,09	204,63	247,00	0,41	11,13	1,16	4,96	59,47	50,19	123,82	72,00
CMd	230,61	224,25	237,50	0,09	4,42	-0,98	1,92	60,79	7,67	19,56	23,53
SPD	211,01	198,25	221,50	-0,36	6,98	-0,30	3,31	52,48	23,10	48,61	72,75
Profundidade de guilhotina											
CMc	8,00	7,00	10,00	0,71	1,05	-0,45	13,18	60,36	0,44	1,11	24,00
CMd	8,30	7,00	10,00	-0,04	1,06	-1,24	12,76	41,96	0,65	1,12	47,06
SPD	7,90	5,00	9,00	-1,34	1,29	1,89	16,29	44,58	0,92	1,66	48,50
Área de revolvimento do solo											
CMc	138,28	3,29	300,40	0,54	93,44	-0,59	67,58	43,62	4923,03	8731,2	24,00
CMd	153,72	0,00	373,17	0,82	120,97	0,01	78,70	60,37	5799,39	14635,1	23,53
SPD	38,94	12,95	67,97	0,11	16,51	-0,38	42,40	35,10	176,93	272,62	48,50
Produtividade											
CMc	9,61	7,70	11,02	-0,41	1,26	-1,46	13,11	52,20	0,76	1,59	72,00
CMd	10,32	8,25	11,80	-0,70	1,19	-0,70	11,55	64,79	0,50	1,42	70,59
SPD	8,07	5,74	11,21	0,51	1,78	-0,53	22,00	57,28	1,35	3,16	97,00

<sup>(1)</sup> – média; <sup>(2)</sup> – mediana; <sup>(3)</sup> – mínimo; <sup>(4)</sup> – máximo; <sup>(5)</sup> – assimetria; <sup>(6)</sup> – desvio padrão; <sup>(7)</sup> – curtose; <sup>(8)</sup> – coeficiente de variação, <sup>(9)</sup> – índice de dependência espacial, <sup>(10)</sup> – pepita, <sup>(11)</sup> – patamar, <sup>(12)</sup> – alcance

Os parâmetros avaliados com coeficiente de variação (CV) entre 0 e 15% são consideradas menos variáveis, 15 e 35%, moderadamente variável e maior que 35% altamente variável (OGUNKUNLE, 1993), com base neste critério, à altura de planta a que teve melhor média foi o CMd com 230,61 cm, com variação de altura entre a mínima e máxima de 13,25 cm, teve CV de 1,92%, considerado baixo, fato que continua no CMc e o SPD, 4,96% e 3,31%, respectivamente. O alcance (A) foi menor no CMd, foi de 23,53, já o CMc e o SPD ficaram com valores maiores, em torno de 72,00, mostrando que o CMd teve maior variabilidade nesse parâmetro dentro da área. O efeito pepita de um semivariograma é o valor da função na origem [ $\gamma(0)$ ] e representa uma descontinuidade e é causado pela variância aleatória e pode ser resultado tanto da variabilidade do fenômeno espacial em estudo como da escala de amostragem (YAMOMOTO & LANDIN, 2013). O efeito pepita (C<sub>0</sub>) foi muito elevado no CMc, podendo se explicar a alta variabilidade ou erro dentro deste parâmetro em relação ao CMc e SPD. Para verificar a existência de dependência espacial foi estimado o Índice de Dependência Espacial

(IDE) que representa uma relação em porcentagem do quanto à dependência espacial, quantificada pelo modelo de semivariograma, contribui para a variabilidade dos dados, sendo classificado em forte ( $IDE > 75\%$ ), médio ( $25 < IDE \leq 75\%$ ) e baixo ( $IDE \leq 25\%$ ) (ZIMBACK, 2001). Portanto, dentro dos três tratamentos e os parâmetros analisados, foram considerados como IDE médio, pois foram os valores foram maiores que 25% e menores que 75%.

Na profundidade de guilhotina o SPD teve a menor média, 8,30 cm, mas apresentou o maior coeficiente de variação, 16,29%, já o CMd foi o que teve o mais baixo CV, 12,76%, que também teve uma menor variação entre máxima e mínima. No A o CMc teve maior variabilidade em relação ao CMd e o SPD, que ficaram em valores próximos. O C0 desse parâmetro teve entre os três tratamentos valores próximos a zero, segundo Trangmar et al. (1985) se o valor do efeito pepita é 0, quer dizer que o erro experimental é praticamente nulo, e que não existe uma variação significativa para distâncias menores que a amostrada.

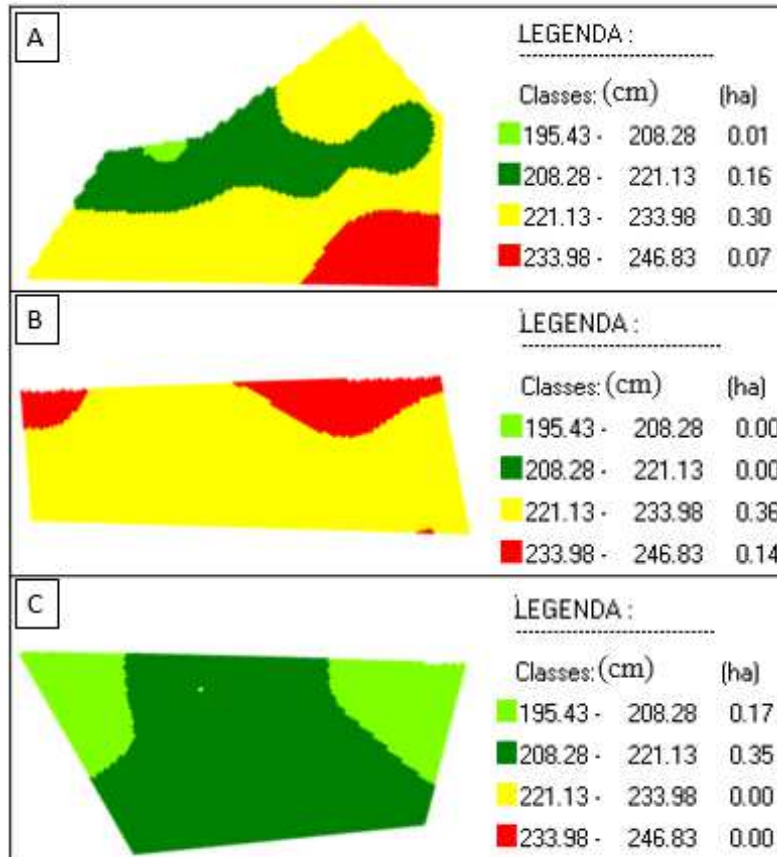
Na ARS, o CV aumentou expressivamente, dentre os parâmetros foi o maior, fato relacionado a variabilidade da estrutura física, que irá repercutir na mobilização do solo. O SPD apresentou o coeficiente de variação de 42,4%, tendo também a menor média, 38,94 cm<sup>2</sup>, e as menores máximas e mínimas, 12,95 cm<sup>2</sup> e 67,97 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Comparado com o CMc e CMd, foi muito superior, movimentando muito menos solo durante o processo de semeadura. Os cultivos mínimos apresentaram valores de 99,34 cm<sup>2</sup> e 114,78 cm<sup>2</sup> de solo movimentado acima do SPD. O A variou mais no SPD e o CMc e o CMd tiveram valores próximos, o C0 foi muito elevado no CMc e no CMd, podendo se explicar como alta variabilidade dentro dos pontos.

O CMd foi superior em relação ao SPD, na produtividade da cultura. O CV foi de 11,55%, a média mais alta 10,32 Mg ha<sup>-1</sup>, a máxima e mínima ficaram entre valores mais próximos, o CMc teve valores menores, mesmo assim teve pouca variação em relação ao CMd, o SPD teve a menor média de 8,07 Mg ha<sup>-1</sup>, e teve um alto CV 22%. O A no CMc e o CMd tiveram valores próximos entre si, apresentando maior variabilidade que o SPD, o C0 foram mais próximos de 0 no CMc e no CMd que o SPD, mostrando assim que o erro experimental é praticamente nulo.

O SPD também foi superior em relação aos cultivos mínimos, na produtividade da cultura. O coeficiente de variação foi de 3,31%, a média mais alta 211,01 Mg ha<sup>-1</sup>, a máxima e mínima ficaram em valores mais altos, mostrando que ele se sobressaiu sobre os dois cultivos mínimos, que mostraram valores baixos de produtividade e uma maior variação entre seus valores.

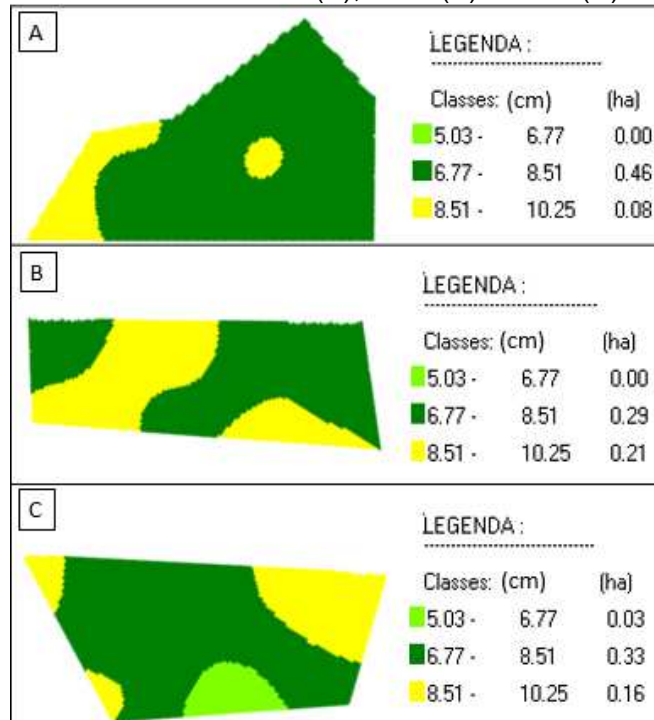
Analisando a Figura 1 do mapa de isolinhas sobre a altura de plantas, podemos observar uma menor variação no SPD (Figura 1C), com alturas ficando entre 195,3 a 221,13 cm, variando entre duas classes, já o CMd (Figura 1B) apresentou as maiores alturas, de 221,13 a 246,83 cm e o CMc (Figura 1A) aponta para uma maior variabilidade, entre 195,43 a 246,83 cm, provavelmente por causa da estrutura física do solo. Boone et al. (1987) demonstraram que, em solo compactado com alta resistência ou reduzida difusão de oxigênio, a restrição ao crescimento das plantas dependeu da distribuição pluviométrica, ou seja, das condições de umidade do solo. Para Davies & Zangh (1991), as raízes parecem dispor de mecanismos que detectam como estão as condições físicas do solo, procurando se adaptar a elas, para garantir, da melhor maneira possível, o desenvolvimento da parte aérea do vegetal.

Figura 1 – Mapa de altura de plantas do CMc (A), CMd (B) e SPD (C)



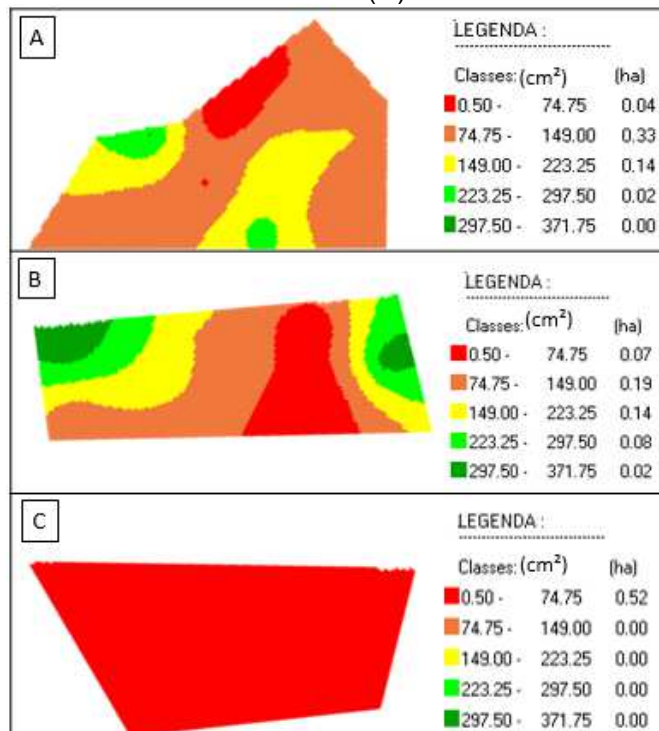
A profundidade da guilhotina teve menor variação no CMc (Figura 2A), onde 85,18% da área ficou com variação entre 6,77 a 8,51 cm, o restante entre 8,51 a 10,25 cm, classe que no CMd (Figura 2B) atingiu 58% da área. Godwin (2007) relata que o movimento do solo com a ação de ferramentas verticais estreitas ocorre de forma ascendente, sendo assim, com ação do tráfego nas operações agrícolas, a pressão ocorrendo em forma de bulbos no solo, tende a resultar em diferentes zonas de resistência, o qual irá repercutir na oscilação da profundidade da haste sulcadora. O SPD variou nas três classes, (Figura 2C) sendo que 63,46% da área ficou na segunda classe, apontando que o estado físico desse solo deve estar com condições mais restritivas, segundo, Tormena et al. (1998), no plantio direto a movimentação do solo é restrita à linha de semeadura, mas a ocorrência sistemática do tráfego causa compactação na camada superficial do solo; também Salire et al. (1994) diz que a compactação abaixo da camada arável é função da carga total por eixo e a compactação em superfície é função da pressão de inflação dos pneus.

Figura 2 – Mapa da profundidade da haste sulcadora no plantio do milho no Nitossolo Vermelho Distrófico sob CMc (A), CMD (B) e SPD (C)



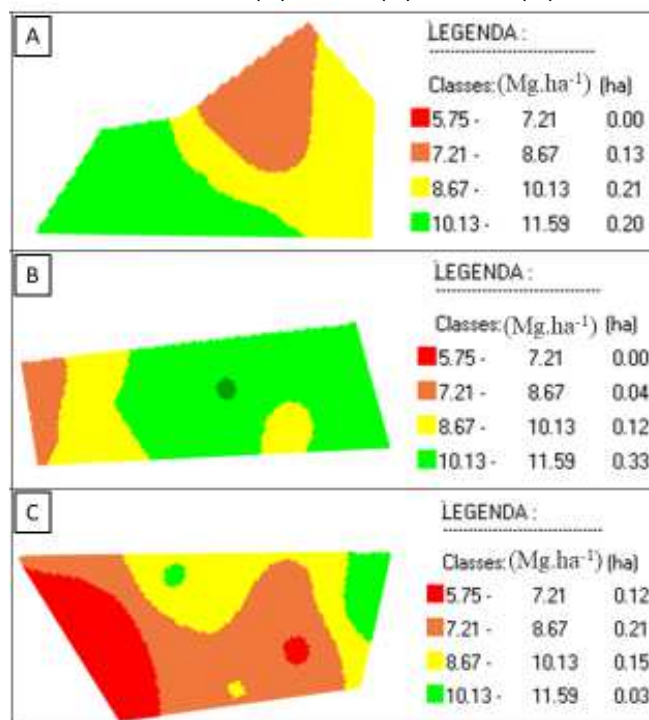
Em relação a área de revolvimento do solo (Figura 3C), o SPD mostra que toda sua área não teve variação, ficando na faixa de 0,50 a 74,75 cm<sup>2</sup> em 0,52 ha.

Figura 3 – Mapa da área de revolvimento do Nitossolo Vermelho Distrófico sob CMc (A), CMD (B) e SPD (C)



Conforme a (Figura 4) a produtividade variou de 5,75 a 11,59 Mg ha<sup>-1</sup>, ocorrendo uma variabilidade menor nos cultivos mínimos (Figura 4A, 4B), não apresentando valores baixos de classe 5,75 a 7,21 Mg ha<sup>-1</sup>, o SPD (Figura 4C) teve 0,21 ha ficaram entre 7,21 a 8,6 Mg ha<sup>-1</sup>, 0,15 ha entre 8,67 a 10,13 Mg ha<sup>-1</sup>, 0,12 ha na classe mais baixa de 5,75 a 7,21 Mg ha<sup>-1</sup> e só 0,03 ha da área ficaram com a classe mais alta de 10,13 a 11,59 Mg ha<sup>-1</sup>. As subsolagens resultaram em condições físicas melhor para o desenvolvimento do milho, pois teve maior produtividade em relação ao SPD, discordando de Mahl et al. (2008) e Bertolini et al. (2008), que não verificaram o efeito da escarificação do solo na produtividade do milho, e concordando com Secco et al. (2009) que verificaram um aumento de 17% na produtividade de grão, em relação ao sistema de plantio direto.

Figura 4 – Mapa de produtividade do CMc (A), CMd (B) e SPD (C)



#### 4 CONCLUSÃO

O experimento mostrou que o sistema plantio direto foi melhor em relação aos dois cultivos mínimos, por apresentar uma menor área de revolvimento de solo, o que é bom quando se pensa nos princípios conservacionistas de baixa área mobilizada de solo no sistema do plantio direto.

A produtividade da cultura nos cultivos mínimos foi de em torno 1,5 Mg ha<sup>-1</sup> em relação ao SPD, também se percebe que a produtividade dentro dos talhões foi mais uniforme.

#### REFERÊNCIAS

BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; SALATA, A. C.; PIFFER, C. R. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2355-2366, 2008.

- BOONE, F.R.; WERF, H.M.G. van der; KROESBERGEN, B.; HAAG, B.A. tem; BOERS, A. The effect of compactation of the arable layer in sandy soils on the growth of maize for silage. II. Soil conditions and growth. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, p. 113-128, 1987.
- CHEN, Y. L., PALTA, J., CLEMENTS, J., BUIRCHELL, B., SIDDIQUE, K. H., & RENGEL, Z Root architecture alteration of narrow-leaved lupin and wheat in response to soil compaction. **Field Crops Research**, v. 165, p. 61-70, 2014.
- CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; & BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, p. 1013-1021, 2004.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGUI, E.; PARIZ, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 1085-1095, 2012.
- DAVIES, W.J. & ZANGH, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **An. Rev. Plant Phy. Mol. Biol.**, p. 55-76, 1991.
- DRESCHER, M. S. **Estratégias para descompactação do solo por escarificação e hastes sulcadoras em sistema plantio direto**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
- GAMERO, C. A. **Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral ("PARAPLOW"), em função de diferente velocidade de deslocamento e profundidade de trabalho**. 2008. 72 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2008.
- GODWIN, R. J. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. **Soil and Tillage Research**, v.97, p. 331-340, 2007.
- LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. das C.; ARAÚJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.
- MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 150-157, 2004.
- MAHL, D.; SILVA, R. B. da; GAMERO, C. A.; SILVA, P. R. A. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 741-747, 2008.
- OGUNKUNLE, A. O. Variation of some soil properties along two toposequence on quartzite schist and banded gneiss in South-western Nigeria. **GeoJournal**, v.30, p. 399-402, 1993.
- ROSA, D. P. da; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; ROSA, V. T. da; VIEIRA, D. A.; REINERT, D. J. Demanda de tração e propriedades físicas de um Argissolo em diferentes manejos e intensidades de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 118-126, 2012.
- SALIRE, E. V.; HAMMEN, J. E.; HARDCASTLE, J. H. Compression of intact subsoils under short-



duration loading. **Soil & Tillage Research**, v.31, p. 235-248, 1994.

SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v.16, p. 52-61, 1997.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. da. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, v. 39, p. 58-64, 2009.

SEKI, A. S.; SEKI, F. G.; JASPER, S. P.; SILVA, P. R. A; BENEZ, S. H. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 460-468, 2015.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. D.; SCHNEIDER, P.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. UFRGS: EMATER/RS ASCAR. 2008.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22. p. 301-309, 1998.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.38, n.1, p.45-94, 1985.

YAMAMOTO J.K; LANDIM P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013, 215p.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo**. Botucatu, UNESP, 2001. 114p. (Tese - Livre Docência).

---

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE PLANTAS DANINHAS EM GRADE AMOSTRAL ANTERIOR AO CULTIVO DO TRIGO *SPATIAL VARIABILITY OF WEEDS IN SAMPLE GRID BEFORE WHEAT CROP*

Luan Pierre Pott<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>1</sup>, Arthur Kich Buhse<sup>1</sup>, Enza Rigon<sup>1</sup>  
Marceli Piccin<sup>1</sup>, Vinícius Freitas Pedron<sup>1</sup>, Lincon Oliveira Stefanello<sup>1</sup>, Lúcio de Paula  
Amaral<sup>1</sup>, André da Rosa Uguim<sup>1</sup>, Mario Antonio Bianchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima 1000, 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil,  
[luanpierrepott@hotmail.com](mailto:luanpierrepott@hotmail.com), , [proftelmoamado@gmail.com](mailto:proftelmoamado@gmail.com), [arthur.buhse@hotmail.com](mailto:arthur.buhse@hotmail.com), [enza-rigon@hotmail.com](mailto:enza-rigon@hotmail.com), [marcielipiccin@hotmail.com](mailto:marcielipiccin@hotmail.com), [pedron.vinicius@hotmail.com](mailto:pedron.vinicius@hotmail.com),  
[linconfa@hotmail.com](mailto:linconfa@hotmail.com); [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com), [andre\\_uguim@yahoo.com.br](mailto:andre_uguim@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade de Cruz Alta, Rod. Mun. Jacob Della Mea, km 5,6, 98020-290, Cruz Alta-RS, Brasil,  
[mario.bianchi@ccgl.com.br](mailto:mario.bianchi@ccgl.com.br)

### RESUMO

Plantas daninhas na cultura do trigo interferem em seu cultivo acarretando em menores produtividades de grãos. O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial de plantas daninhas em grade amostral posterior cultivo de soja, anterior ao cultivo do trigo. O estudo foi realizado no município de Santa Maria, na Universidade Federal de Santa Maria, onde selecionou-se uma área de 1 hectare, gerando uma grade amostral de 6,125 x 6,125 m, totalizando 256 pontos amostrais para levantamento da população de plantas daninhas existentes, coletadas utilizando quadro amostral de 1m<sup>2</sup>, com o uso de um dispositivo GNSS, e planilhas para anotação. Foram analisadas a estatística descritiva e geoestatística, com cálculo de índice de dependência espacial, bem como confecção de mapas temáticos da densidade de plantas daninhas. Os resultados demonstraram a grande variabilidade dos dados, com diferenças de dependência espacial de distribuição entre as espécies encontradas. Com o levantamento da densidade das plantas daninhas permite a confecção de mapas temáticos que possibilitam o manejo de plantas daninhas em sítio-específico.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão. Geoestatística. Mapa temático de plantas daninhas.

### ABSTRACT

Weeds in wheat crop interfere with its cultivation leading to lower grain yields. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of weeds in a sample grid after soybean cultivation, prior to wheat cultivation. The study was conducted in the municipality of Santa Maria, Federal University of Santa Maria, where an area of 1 hectare was selected, generating a sample grid of 6.125 x 6.125 m, totaling 256 sampling points to survey the existing weed population, collected using a 1m<sup>2</sup> sample square, GNSS device, and annotation worksheets. Descriptive statistics and geostatistics, with spatial dependence index calculation, as well as thematic maps of weed density were analyzed. The results demonstrated the great variability of the data, with differences in spatial dependence of distribution among the species. The weed density survey allows the making of maps that enable the management of weeds in site-specific.

**Keywords:** Precision Agriculture. Geostatistics. Weed map.

## 1. INTRODUÇÃO

Plantas daninhas estão entre os fatores que limitam o potencial produtivo da cultura do trigo devido sua interferência às culturas agrícolas (AGOSTINETTO et al., 2008; RIGOLI et al., 2008; MACIEL et al., 2017) podendo ser direta (competição por recursos naturais) ou indireta (dificuldade de tratos culturais e alelopatia).

A competição pode ser caracterizada como a relação que se estabelece entre a cultura e as plantas daninhas na assimilação dos recursos disponíveis, principalmente água, luz, nutrientes e espaço (DEMÉTRIO et al., 2008), podendo afetar a quantidade e a qualidade da produção, assim como a eficiência de aproveitamento dos recursos ambientais (GALON et al., 2013; FERREIRA et al., 2008).

Nos sistemas agrícolas as plantas daninhas se apresentam de forma agregada em reboleiras (CHIBA et al., 2010), permitindo que estudos geoestatísticos da distribuição de plantas daninhas possibilitem o seu mapeamento (SCHAFFRATH et al., 2007; POTT et al., 2019), inclusive, a adoção de manejo de plantas daninhas em sítio-específico (MILANI et al., 2006; SOUZA et al., 2008).

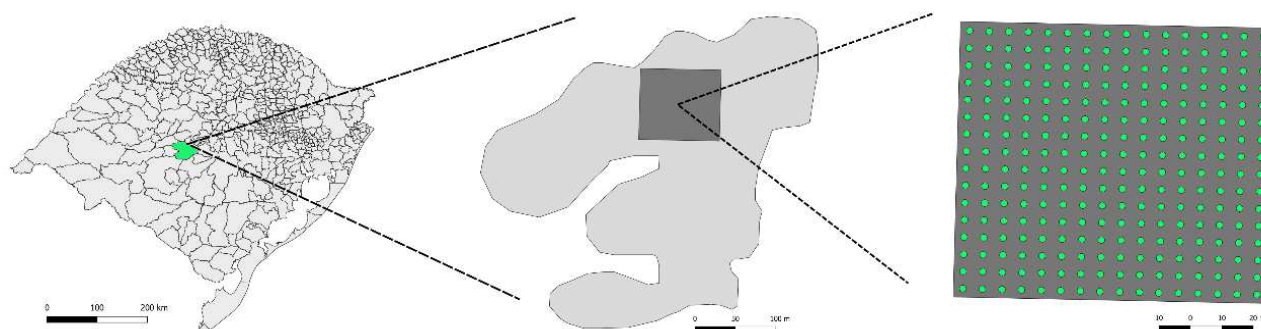
O levantamento de plantas daninhas pode ser realizado de forma convencional com grades amostrais, também com a utilização de outros métodos convencionais como contorno das infestações, avaliação na colheita de cultura e banco de sementes de plantas daninhas no solo (SHIRATSUCHI, CHRISTOFFOLETI, FONTES, 2003). Outra possibilidade para levantamento é a utilização de sensores de plantas daninhas que possibilitem a identificação das mesmas em pré-semeadura (WESTWOOD et al., 2017; POTT et al., 2018).

Neste sentido, o objetivo do estudo foi avaliar a variabilidade espacial de plantas daninhas em grade amostral posterior cultivo de soja, anterior ao cultivo do trigo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, RS, na área conhecida como "Área Nova", com coordenadas geográficas 29°43'05" S e 53°44'15" O, e altitude média de 115m. A área do estudo foi composta pela área de 100 x 100m, (1 hectare) (Figura 1).

Figura 1. Localização da área do estudo.



O solo predominante da área é o Argissolo Vermelho Distrófico típico, segundo a Embrapa (2013). O clima da região é classificado como Cfa (ALVARES et al., 2013), com temperatura média de 19,3° C e precipitação média anual de 1688 mm.

A área vinha sendo cultivada com sistema plantio direto há ao menos cinco anos com rotação de culturas de soja, trigo, milho, aveia.

A coleta da população de plantas daninhas da área foi realizada após a colheita da soja (25 de março de 2017), e anteriormente à semeadura do trigo (20 de junho de 2017), no dia 25 de abril de 2017.

Foi gerado uma malha amostral de plantas daninhas rígida com dimensão de 6,125 x 6,125 m, utilizando o software Quantum GIS (QGIS, 2019), compondo 256 pontos amostrais. Os pontos foram carregados para um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de navegação, marca Garmin®, modelo GPSMap 62, com intuito de realizar a avaliação da distribuição e densidade de plantas daninhas. O erro de posição durante a coleta dos dados variou de 1 a 3 m.

A avaliação de levantamento da população das planta daninhas foi realizada com o auxílio de quadrados amostrais metálicos com dimensão de 1m<sup>2</sup>, que eram lançados sobre a área amostral para se fazer a contagem das plantas daninhas encontradas na área, juntamente com o receptor GNSS, que indicava os pontos a serem mapeados, realizando a contagem visual e anotação em planilhas.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva. Posteriormente, a variabilidade espacial das distribuições das plantas daninhas foram analisadas geoestatisticamente. Do ajuste de um modelo matemático aos dados foram definidos os parâmetros do semivariograma: efeito pepita (C0), contribuição (C1) e alcance (a). Para análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizada a equação proposta por Seidel e Oliveira (2014) (Equação 1), onde a FM é o fator do modelo (1); C0, o efeito pepita; C1, a contribuição; a, o alcance prático; e q.MD, o valor que corresponde à fração (q) atingida da máxima distância (MD) entre pontos amostrados (6.125).

$$\text{Equação 1: IDE(\%)} = FM \left( \frac{C1}{C0+C1} \right) * \left( \frac{a}{q.MD} \right) * 100$$

Para interpretação foram considerados os intervalos: dependência espacial fraca (IDE < 25%); moderada (25% ≤ IDE < 75%) e forte (IDE ≥ 75%), (SEIDEL; OLIVEIRA, 2014). Para o processo de interpolação as plantas daninhas que possuíam dependência espacial foram realizadas krigagem e nas plantas daninhas que obtiveram efeito pepita foi realizado interpolação pelo inverso do quadrado da distância utilizando o software R (R CORE TEAM, 2019).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva das espécies de plantas daninhas encontradas na área: *Conyza bonariensis* (buva), *Gnaphalium* spp. (gnaphalium), *Soliva pterosperma* (roseta), *Digitaria horizontalis* (milhã), *Echinochloa crus-galli* (capim-arroz) e *Raphanus raphanistrum* (nabiça), são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise estatística descritiva da distribuição das plantas daninhas da área.

Parâmetro estatístico	<i>Conyza</i> sp.	<i>Gnaphalium</i> spp.	<i>Soliva</i> sp.	<i>Digitaria</i> sp.	<i>Echinochloa</i> sp.	<i>Raphanus</i> sp.
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	7	13	13	25	10	5
Média	0.37	0.94	0.39	1.90	1.05	0.64
Moda	0	0	0	0	0	0
Desvio padrão	0.77	1.57	1.20	3.25	1.90	0.90
CV* (%)	207.8	167.5	303.3	171.3	180.6	140.9

Legenda: espécies: *Conyza bonariensis*, *Gnaphalium* spp., *Soliva pterosperma*, *Digitaria horizontalis*, *Echinochloa crus-galli* e *Raphanus raphanistrum*. \*CV= Coeficiente de variação.

Pode-se observar que há variabilidade da infestação dado o elevado coeficiente de variação (CV) reportado para todas as espécies,  $CV > 140\%$ . Se tratando de contagem do número de plantas daninhas, já é esperado, pois ao mesmo tempo que se identifica locais com ausência de plantas daninhas, em outros locais há grande número das mesmas, exaltado pelo mínimo e máximo de cada espécie (CHIBA et al., 2010). Também é notório que o valor mínimo de infestação para todas as espécies é 0, indicando e justificando o levantamento das infestações de plantas daninhas para posteriormente controle das mesmas de forma mais precisa.

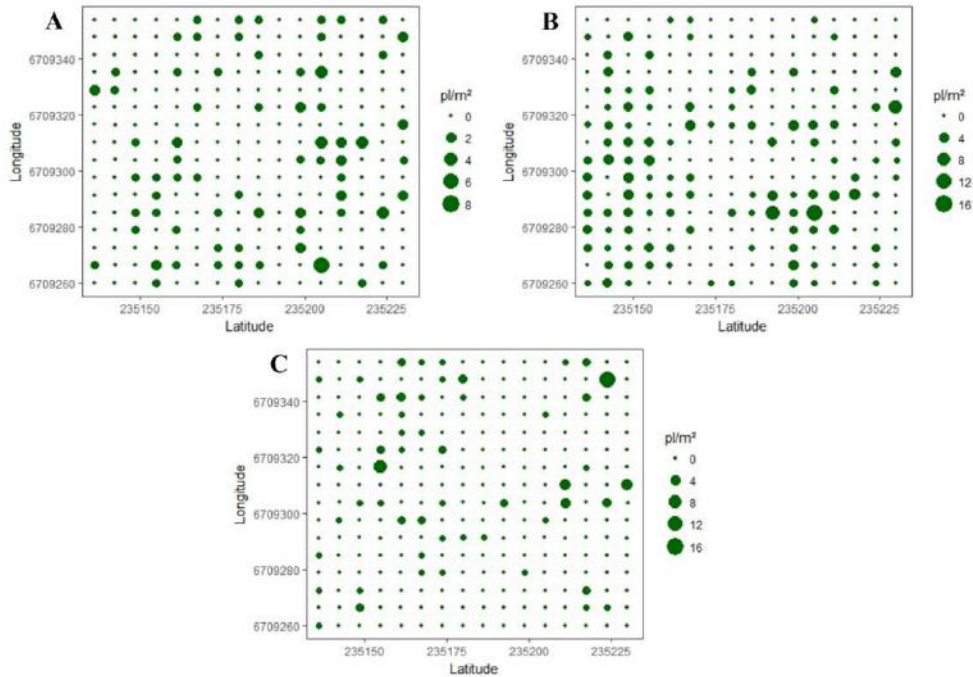
A grande variação dos dados é típica nos estudos com levantamento de plantas daninhas e reflete o seu tipo de distribuição em manchas ou reboleiras (SCHFFRATH et al. 2007; CHIBA et al., 2010).

Essa variabilidade das infestações das plantas daninhas é apresentada de diferentes formas no meio agrícola, podendo ter maior dependência espacial de sua distribuição ou menor, o que é dependente da forma de reprodução das espécies de plantas daninhas, viabilidade, formato e forma de dispersão das sementes (SHIRATSUCHI, CHRISTOFFOLETI, FONTES, 2003; SCHAFFRATH et al., 2007; CHIBA et al., 2010). Na figura 2 é observado a variabilidade de três espécies de plantas daninhas com distribuição aleatória na área observada em comparação com a figura 3, nas quais as espécies apresentam distribuições mais agregadas na área em questão.

A maioria das espécies de plantas daninhas se apresentam em forma de manchas ou reboleiras (SCHFFRATH et al. 2007; CHIBA et al., 2010), no entanto essas reboleiras podem possuir diferentes formas e tamanhos nos sistemas agrícolas, dependendo de fatores como os inerentes à espécie das plantas daninhas (SHIRATSUCHI, CHRISTOFFOLETI, FONTES, 2003; SCHAFFRATH et al., 2007; CHIBA et al., 2010), despertando na análise geoestatística de espécies de plantas daninhas diferentes interpretações quando avaliadas pelo método convencional de levantamento de plantas daninhas.

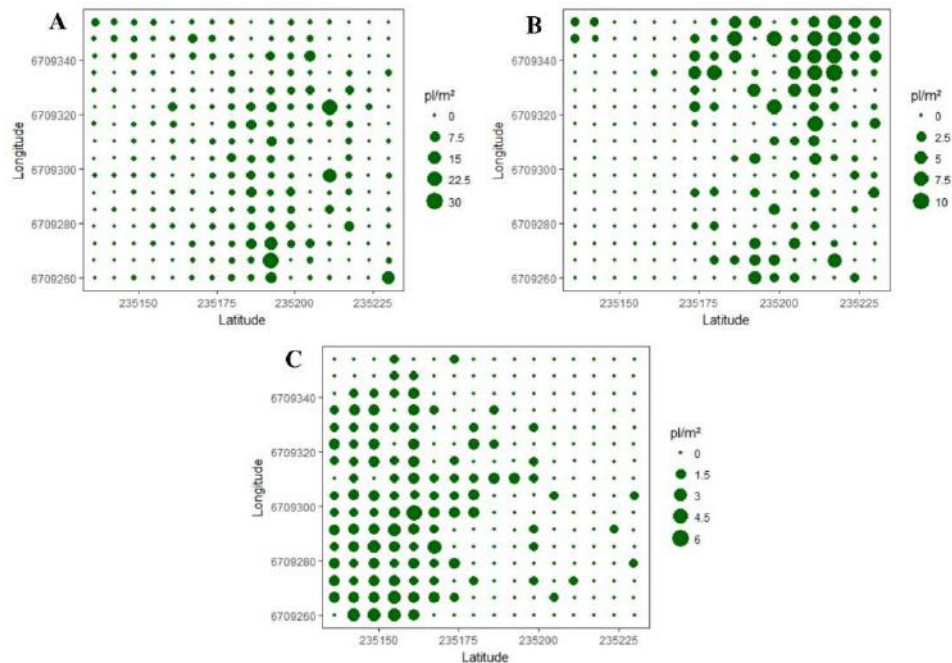
Diversos estudos com intuito de levantar a variabilidade de plantas daninhas de áreas agrícolas utilizam malhas amostrais de tamanhos: 20 x 20 m (HEISEL et al., 1996), 7 x 7 m (GEHARDS et al., 1996), 10 x 10 m (CHIBA et al., 2010), 6,125 x 6,125 m à 100 x 100 m (POTT et al., 2019). Essa metodologia é demorada e trabalhosa para médias e grandes áreas, principalmente para grades menores, com inúmeros pontos amostrais, porém em grades menores, é possível inferir com maior eficácia nos mapas temáticos de plantas daninhas (SHIRATSUCHI, CHRISTOFFOLETI, FONTES, 2003).

Figura 2. Distribuição da densidade das plantas daninhas na malha amostral de *Conyza bonariensis* (A), *Gnaphalium* spp. (B) e *Soliva pterosperma* (C).



Legenda:  $pl/m^2$  = plantas observadas no ponto amostral por  $m^2$ .

Figura 3. Distribuição da densidade das plantas daninhas na malha amostral de *Digitaria horizontalis* (A), *Echinochloa crus-galli* (B) e *Raphanus raphanistrum* (C).



Legenda:  $pl/m^2$  = plantas observadas no ponto amostral por  $m^2$ .

A variabilidade da dependência espacial das espécies de plantas daninhas de estudo é apresentada na tabela 2, juntamente com os parâmetros geoestatísticos.

Tabela 2. Parâmetros geoestatísticos das espécies daninhas de estudo.

Espécie	C0	C1	a	IDE (%)	Dependência
<i>Conyza bonariensis</i>	0.080	0.510	0.0001	0.001	Fraca
<i>Gnaphalium spp.</i>	0.002	0.006	0.0001	0.001	Fraca
<i>Soliva pterosperma</i>	0.023	0.185	0.0001	0.001	Fraca
<i>Digitaria horizontalis</i>	7.730	3.920	20.090	33.64	Moderada
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2.390	2.490	62.040	51.02	Moderada
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0.400	0.620	44.890	60.78	Moderada

Espécies de plantas daninhas que possuem reboleiras com dimensões menores que o tamanho amostral de levantamento podem acarretar em descontinuidade da distribuição, não captando dependência espacial das plantas daninhas em questão.

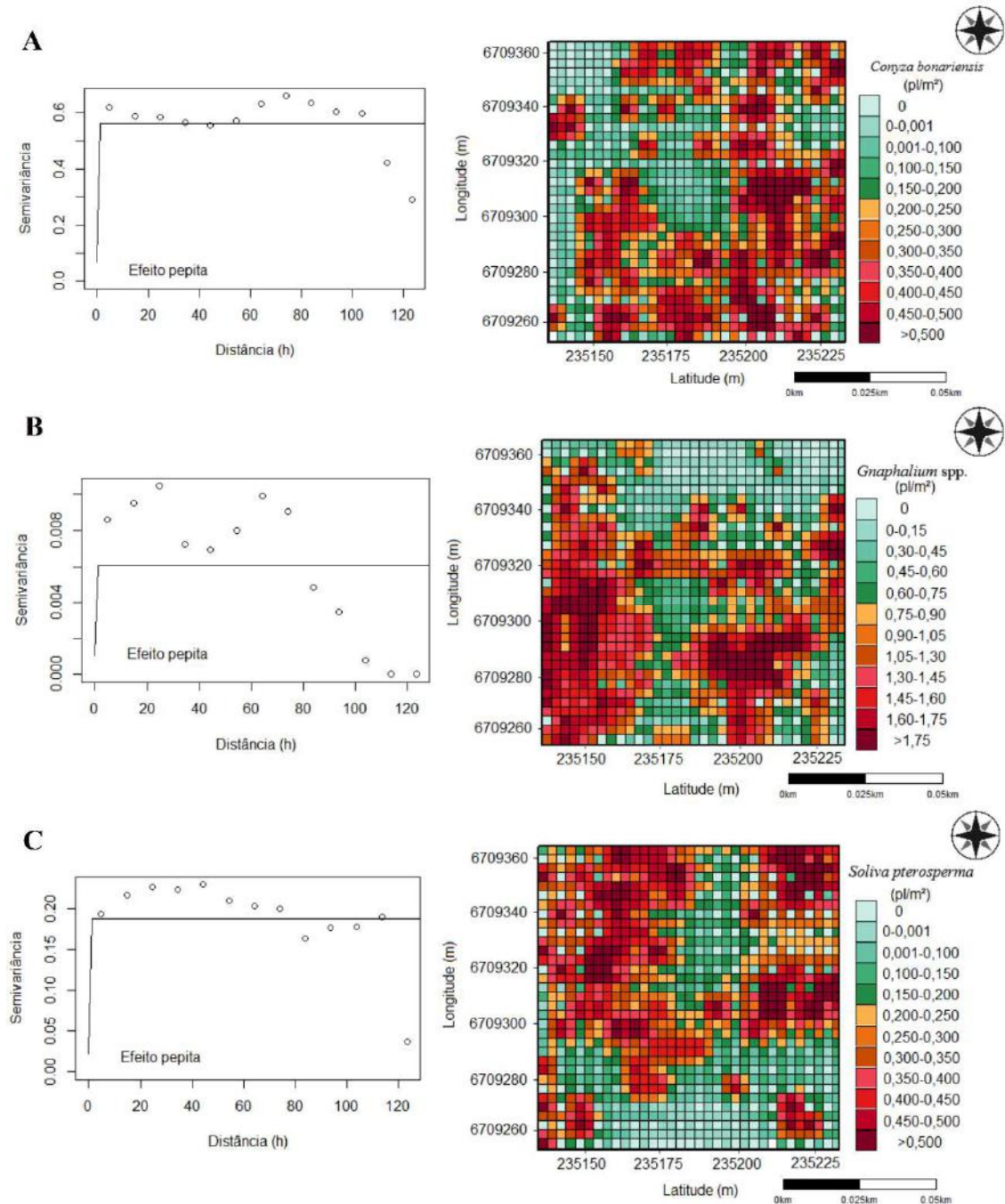
Segundo Paice et al. (1998) e Lutman e Perry (1999) grades maiores que 6 x 6 m podem não ser representativas para estudo espacial das plantas daninhas em geral.

Para tanto, espécies que apresentaram dependência espacial fraca, foram interpoladas com inverso do quadrado da distância (Figura 4) e as que possuíram dependência espacial realizado krigagem (Figura 5).

Observa-se que na figura 4 temos mapas temáticos de plantas daninhas com comportamento de aleatoriedade dentro do sistema agrícola comparado com a figura 5, onde há uma suavização da densidade das plantas daninhas, este comportamento é variável em função das características de reprodução das espécies de estudo (SCHAFFRATH et al., 2007).

Com vista da variabilidade espacial da densidade das espécies de plantas daninha, é notório a necessidade da utilização de ferramentas de agricultura de precisão, integrando tecnologias para manejo de plantas daninhas em sítio específico, sendo de forma convencional como de grades amostrais, bem como alternativas como sensores de plantas daninhas com objetivo de identificá-las nos sistemas agrícolas, as quais vem sendo amplamente estudadas e com efetividade para controle de plantas daninhas em pré-semeadura (WESTWOOD et al., 2017; POTT et al., 2018).

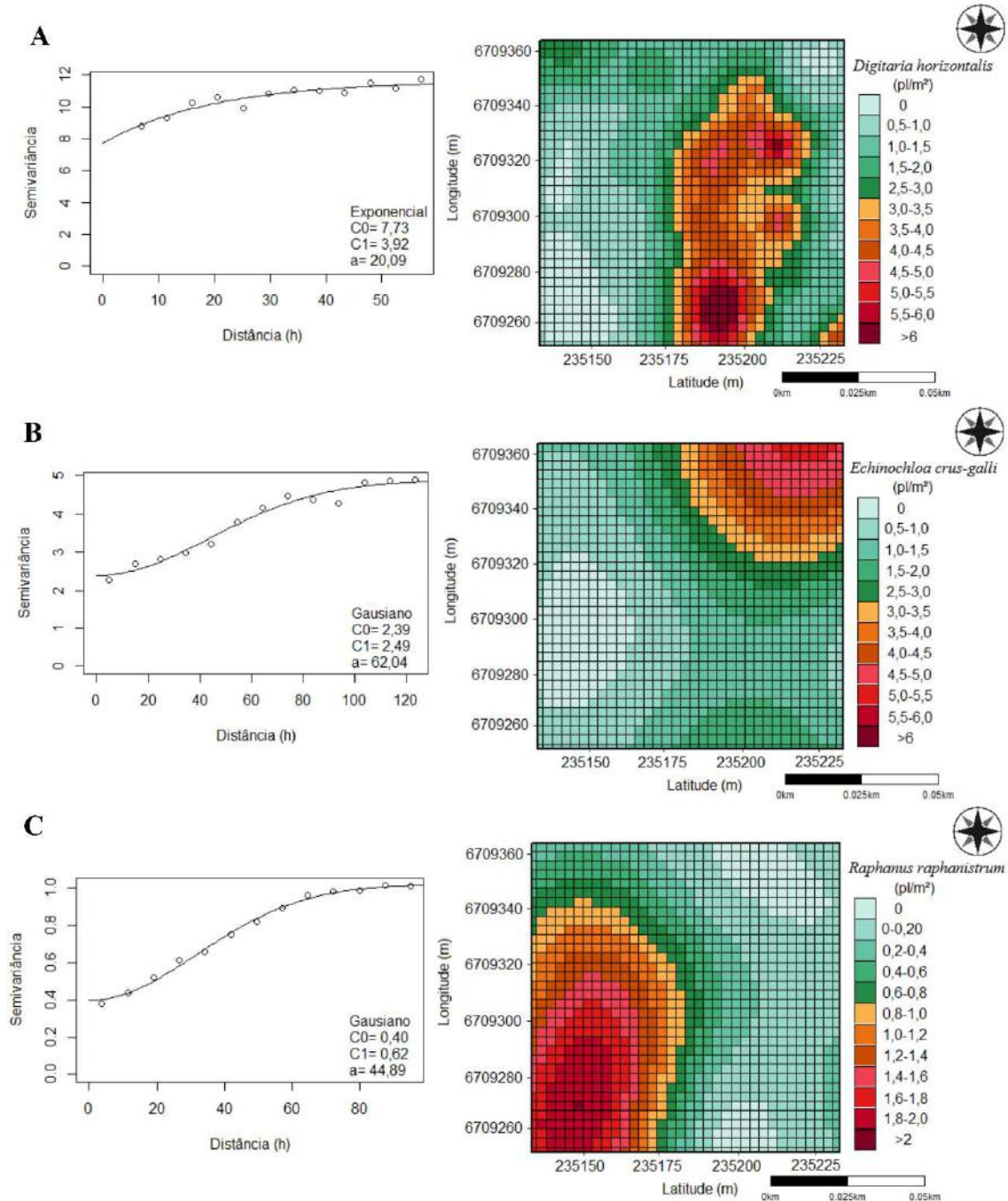
Figura 4. Semivariograma (esquerda) e mapa temático (direita) da densidade de *Conyza bonariensis* (A), *Gnaphalium* spp. (B) e *Soliva pterosperma* (C).



Legenda: pl/m<sup>2</sup> = plantas por m<sup>2</sup>.



Figura 5. Semivariograma (esquerda) e mapa temático (direita) da densidade de *Digitaria horizontalis* (A), *Echinochloa crus-galli* (B) e *Raphanus raphanistrum* (C).



Legenda: pl/m<sup>2</sup> = plantas por m<sup>2</sup>.

#### 4. CONCLUSÃO

As densidades de plantas daninhas do estudo apresentaram grande variabilidade, com

coeficiente de variação maior que 140% para todas as espécies.

As espécies de plantas daninhas apresentaram diferentes dependências espaciais para a área de estudo. *Coryza bonariensis*, *Gnaphalium* spp. e *Soliva pterosperma* obtiveram dependência espacial fraca, enquanto as espécies *Digitaria horizontalis*, *Echinochloa crus-galli* e *Raphanus raphanistrum* apresentaram dependência espacial moderada.

O levantamento da densidade das plantas daninhas permite a confecção de mapas temáticos que possibilitam o manejo de plantas daninhas em sítio-específico.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.
- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.
- CHIBA, M. K.; FILHO, O. G.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial e temporal de plantas daninhas em Latossolo Vermelho argiloso sob semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 735-742, 2010.
- DEMÉTRIO, C. S. et al. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.
- FERREIRA, E. A. et al. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 261-269, 2008.
- GALON, L. et al. Características fisiológicas de biótipos de *Coryza bonariensis* resistentes ao *glyphosate* cultivados sob competição. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 859- 866, 2013.
- GERHARDS, R.; WYSE-PESTER, D. Y.; MORTENSEN, D. A. Spability of weed patches in agricultural fields. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1999. **Proceedings**. Wisconsin: ASA: CSSA: SSSA, 1996. p. 495-504.
- HEISEL, T.; ANDREASEN, C.; ERSBOL, A. K. Annual weed distribution can be mapped with krigging. **Weed Research**, v. 36, n. 3, p. 325-337, 1996.
- LUTMAN P. J. W.; PERRY, N. H. Methods of weed patch detection in cereal crops. In: THE BRIGHTON CONFERENCE-WEEDS, Brighton, 1999. **Anais**. Brighton: sn, 1999, p. 627-634.
- MACIEL, J.C. et al. Interferência de plantas daninhas no crescimento da cultura do trigo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 23-29, 2017.
- MILANI, L. et al. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006.

PAICE, M. E. R. et al. A stochastic simulation model for evaluating the concept of patch spraying. **Weed Research**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 373-388, 1998.

POTT, L. P. et al. Variabilidade espacial da planta daninha azevém em cultivo de trigo utilizando diferentes malhas amostrais. **Revista Tecno-Lógica**, v. 23, n. 2, p. 93-99, 2019.

POTT, L. P.; AMADO, T. J. C.; KRUSE, N. D.; SEBEM, E.; PREUSS, D. Utilização de reflectância de alvos para detecção de plantas daninhas em pré-semeadura In: **Livro Digital Congresso Sul Americano De Agricultura De Precisão E Máquinas Precisas**. 1 ed. CESPOL, p. 112-115, 2018.

QGIS. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2019. Disponível em: < [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/](https://www.qgis.org/pt_BR/site/)>. Acessado em 11 de setembro de 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. 2018. Disponível em: < <https://www.r-project.org/>>. Acessado em 11 de setembro de 2019.

RIGOLI, R. P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 41-47, 2008.

SANTOS, H. G. et al. Embrapa: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed, Brasília, 353p., 2013.

SCHAFFRATH, V. R. et al. Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n 1, p. 53-60, 2007.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. Novo índice geoestatístico para a mensuração da dependência espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 699-705, 2014.

SHIRATSUCHI, L. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; FONTES, J. R. A. Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas. 2003. In: EMBRAPA CERRADOS, (**Documentos / Embrapa Cerrados**). Planaltina-DF, 30pp., 2003.

SOUZA, G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.

WESTWOOD, J. H. et al. Weed management in 2050: perspectives on the future of weed science. **Weed Science**, v. 66, p. 275–285, 2017.

---

## **CROP MAPPING OF TWO WINTER CROPS USING TIME-SERIES AND FIELD CROP DATA IN NORTHWEST RIO GRANDE DO SUL** *MAPEAMENTO DE DUAS CULTURAS DE INVERNO USANDO SÉRIES TEMPORAIS E INFORMAÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL*

Luan Pierre Pott <sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado <sup>1</sup>, Raí Augusto Schwalbert <sup>1</sup>, Arthur Kich Buhse <sup>1</sup>, Enza Rigon <sup>1</sup>, Geomar Mateus Corassa <sup>2</sup>, Ignacio Antonio Ciampitti <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima 1000, 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil, [luanpierrepot@hotmail.com](mailto:luanpierrepot@hotmail.com), [proftelmoamado@gmail.com](mailto:proftelmoamado@gmail.com), [rai.schwalbert@gmail.com](mailto:rai.schwalbert@gmail.com), [arthur.buhse@hotmail.com](mailto:arthur.buhse@hotmail.com), [enza-rigon@hotmail.com](mailto:enza-rigon@hotmail.com), [geomarmateus@hotmail.com](mailto:geomarmateus@hotmail.com)

<sup>3</sup> Department of Agronomy, Kansas State University, 2004 Throckmorton Plant Science Center, Manhattan, KS 66506, USA, [ciampitti@ksu.edu](mailto:ciampitti@ksu.edu)

### **ABSTRACT**

Canola and wheat are important crops for the southern Brazilian scenario. The objective of this study was to evaluate the time series of canola and wheat vegetation indices in two agricultural fields in the northwest of Rio Grande do Sul, Brazil. Four agricultural fields (2 canola and 2 wheat) were harvested in 2018, performing a geo-referenced field survey of those farms with the goal of collecting in-season imagery data via satellite COPERNICUS; Sentinel 2 (from 01-01-2018 to 31-12-2018). Afterwards, a temporal analysis was performed utilizing the vegetation indices: EVI, EVI2, NDVI, GNDVI, SAVI, OSAVI and GCVI of the imagery data collected during the winter crop season. Results indicate similar behavior of vegetation indices for canola time series. For the wheat, it was obtained a variation of the time series, hypothesizing that those changes were related to differences in crop phenology linked to different planting dates. In addition, the maximum vegetation index (peak of the season) was greater for canola than for wheat. Lastly, the use of time series satellite imagery data associated with field survey data permitted to provide inferences of mapping for winter crops.

**Keywords:** Crop mapping. Time-series. Winter crops.

### **RESUMO**

Canola e trigo são culturas importantes para o cenário sul brasileiro. O objetivo deste estudo foi avaliar as séries temporais dos índices de vegetação de canola e trigo em dois campos agrícolas no noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram levantados 4 campos agrícolas de cultivo (2 de canola e 2 de trigo) safra de 2018, realizado o levantamento georreferenciado dos limites do campo para posterior levantamento de imagens de satélite COPERNICUS; Sentinel 2, durante todo o ano de 2018 (01-01-2018 até 31-12-2018). Posteriormente foi realizada a análise temporal com os índices de vegetação: EVI, EVI2, NDVI, GNDVI, SAVI, OSAVI e GCVI das imagens com requisitos acima. Resultados indicam semelhança do comportamento dos índices de vegetação para série temporal de canola. Para o trigo, obteve-se variação da série temporal, sendo uma hipótese a diferença da data de plantio das mesmas. Também, para a cultura da canola o pico de índices de vegetação foi maior que o do trigo. A utilização de séries temporais associado a dados de campo possibilitam inferências de mapeamento de culturas

agrícolas de inverno.

**Palavras-chave:** Mapeamento de culturas. Séries temporais. Culturas de inverno.

## 1. INTRODUCTION

Canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) and wheat (*Triticum aestivum* L.) are agricultural crops of great importance for the southern Brazilian scenario. Canola cultivation has received the attention of farmers for bringing different opportunity to winter (use of labor, modern machinery and underutilized land during the season) (TOMM, 2007; LUZ et al., 2012). Wheat is among the main agricultural crops in the world, however the area cultivated with the crop in southern Brazil is generally associated with factors such as current weather conditions, crop prices, and insurance guarantee (SANTI et al., 2017).

The area cultivated with each agricultural crop is a relevant information for improving estimates on crop production, marketing of agricultural products, trade balance, among others (SANTOS et al., 2014). Regardless the relevancy on having access to this data, Brazil uses a few direct sources for official monitoring of agricultural crops (GEO, 2012).

The official agricultural statistics from the government are mainly generated from questionnaires and interviews conducted with technicians from agencies, agricultural sector entities and farmers. Despite its recognized efficiency in data generation, this method does not allow objectively quantifying errors and spatially representing estimates (MELO et al., 2008; JUNGES, FONTANA, 2009; SANTOS et al., 2014).

Other countries such as the United States have georeferenced field-level information on agricultural crops, such as the Cropland Data Layer (CDL). The CDL is a crop-specific land cover data layer created annually for the continental United States using moderate resolution satellite imagery and extensive agricultural ground truthing field data. The CDL is created by the USDA, National Agricultural Statistics Service (NASS), Research and Development Division, Geospatial Information Branch, Spatial Analysis Research Section (USDA, 2019).

However, many studies have been carried out using remote sensing aggregating with in situ mapping of agricultural fields to identify crop areas in the United States (WANG, AZZARI, LOBELL, 2019), as well as in Brazil (SANTOS et al., 2014; CHEN et al., 2018).

The objective of this study was to evaluate the utilization of time series vegetation indices obtained from satellite imagery data for canola and wheat in two agricultural fields for the northwestern region of Rio Grande do Sul, Brazil.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Experimental data were collected from four winter cultivated agricultural areas (two wheat areas, and two canola fields). All farmer fields were located in the municipality of Boa Vista das Missões in the 2018 agricultural year.

The contours of the areas were delimited with the use of the GNSS (Global Navigation Satellite System) navigation receiver, Garmin® brand, GPSTMap 62 model, later viewed with QGIS software (QGIS, 2019) (Figure 1). The geographic coordinates for the farmer fields used in the study are shown in Table 1.

Figure 1. Location of agricultural areas in the municipality of Boa Vista das Missões. Wheat areas are represented in green and canola areas are represented in yellow.

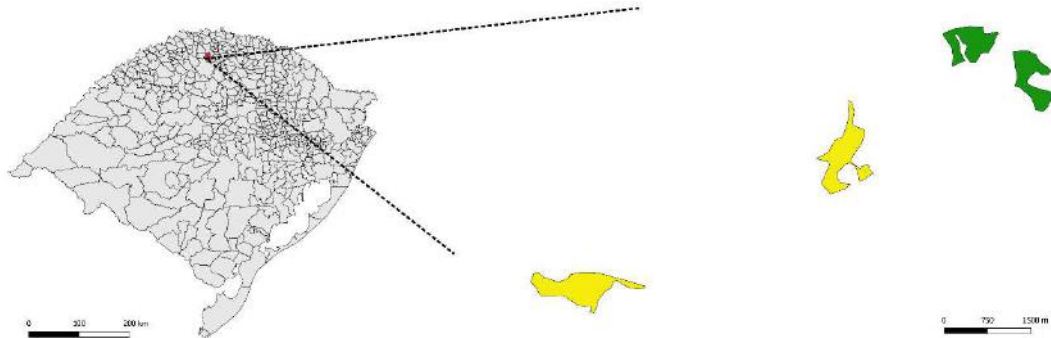


Table 1. Geographic localization of the experimental fields of the study.

Crop	Field	Latitude	Longitude
Canola	1	27° 42' 40" S	52° 23' 10" W
Canola	2	27° 41' 20" S	53° 20' 20" W
Wheat	1	27° 40' 32" S	53° 18' 30" W
Wheat	2	27° 40' 20" S	53° 19' 20" W

Following the vectorization of the above-mentioned cultivation areas, Sentinel-2 satellite images (COPERNICUS; S2 collection), with spatial resolution of 10 by 10 m and revisit time of approximately 5 days, were collected using the Google Earth Engine (GEE) online platform, corrected for surface reflectance by the sen2cor algorithm.

All images in the collection have been selected for the period 01/01/2018 to 31/12/2018. Only images with cloud coverage below 10% were selected. For these images cloud-contaminated pixels were removed using the quality control index (QA60), which summarizes pixel quality as an 8-bit integer classification system. 46 images presented the above criteria and were selected to compose the time series of vegetation indices.

From the selected images we calculated the following vegetation indices: enhanced vegetation index (EVI), enhanced vegetation index 2 (EVI2), normalized difference vegetation index (NDVI), soil adjusted vegetation index (SAVI), optimized soil adjusted vegetation index (OSAVI), green normalized difference vegetation index (GNDVI), green chlorophyll vegetation index (GCVI). The equation for all indices are presented in Table 2.

Table 2. Equations of vegetation indices.

Index	Equation	Reference
EVI	$2.5(R_{NIR} - R_{Red}) / (R_{NIR} + 6R_{Red} - 7.5R_{Blue} + 1)$	HUETE et al (2002)
EVI2	$2.4 (R_{NIR} - R_{Red}) / (R_{NIR} + R_{Red} + 1)$	JIANG et al. (2008)
NDVI	$(R_{NIR} - R_{Red}) / (R_{NIR} + R_{Red})$	ROUSE et al. (1973)
GNDVI	$(R_{NIR} - R_{Green}) / (R_{NIR} - R_{Green})$	DAUGHTRY (2000)
OSAVI	$1.16(R_{NIR} - R_{Red}) / (R_{NIR} - R_{Red} + 0.16)$	RONDEAUX et al. (1996)
SAVI	$1.5(R_{NIR} - R_{Red}) / (R_{NIR} - R_{Red} + 0.5)$	HUETE (1988)
GCVI	$(NIR/Green) - 1$	GITELSON et al. (2003)

From the acquired images, temporal analyses of vegetation indices were performed with the R software (R CORE TEAM, 2019).

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

During 2018 season, the temporal analyses permitted to obtain estimates of planting dates of agricultural crops, as well as characterization of previous cycles of winter crop sowing (Figure 2).

According to Fontana et al. (2015) working with soybean, there is the possibility of inference on crop calendar from temporal analysis of vegetation index.

Figure 3 shows the smoothing of the time series curve for the sampled fields for the winter growing season.

We can observe that both canola fields presented similar time series of vegetation indices. However, for wheat crop there was a slightly difference in the time series pattern of vegetation indices, with the wheat field 1 shifted towards the right – lower peak and slow initial growth of the vegetation indices (but with similar decay phase). One hypothesis for this is the difference of the sowing time of the two agricultural fields that interfere in the temporal analyses.

Results relating the NDVI time profile of crops occupying extensive cultivation areas, which is the case of wheat in Rio Grande do Sul and the subperiods of the crop cycle showed consistency with the agricultural calendar (JUNGES; FONTANA, 2009). Similar results were reported for sugarcane crop, where it was possible to identify different phases of the cycle using MODIS / NDVI images (MORAES, 2013).

The temporal analyses of vegetation indices showed higher values for wheat compared to canola fields. According to Pinto et al. (2016) in a study of the temporal dynamics of canola spectral reflectance, the crop presented two distinct peaks of vegetation index values. For this study, we observed a maintenance of the vegetation indices peak during a longer period for the canola crop, compared to the wheat crop, which presented a shorter period during the peak of the vegetation indices.

Annual crops generally have only a peak of higher vegetation index values (KLERING et al., 2013; JUNGES et al., 2013). These documented singularities for canola culture, resulting in noticeable differences in time series, can be used to distinguish canola fields via utilization of satellite imagery (PINTO et al., 2016).

Figure 2. Temporal analysis of vegetation indices throughout 2018, highlighting the winter growing season for the areas considered in this study: EVI (A), EVI2 (B), NDVI (C), GNDVI (D), SAVI (E), OSAVI (F) and GCVI (G).

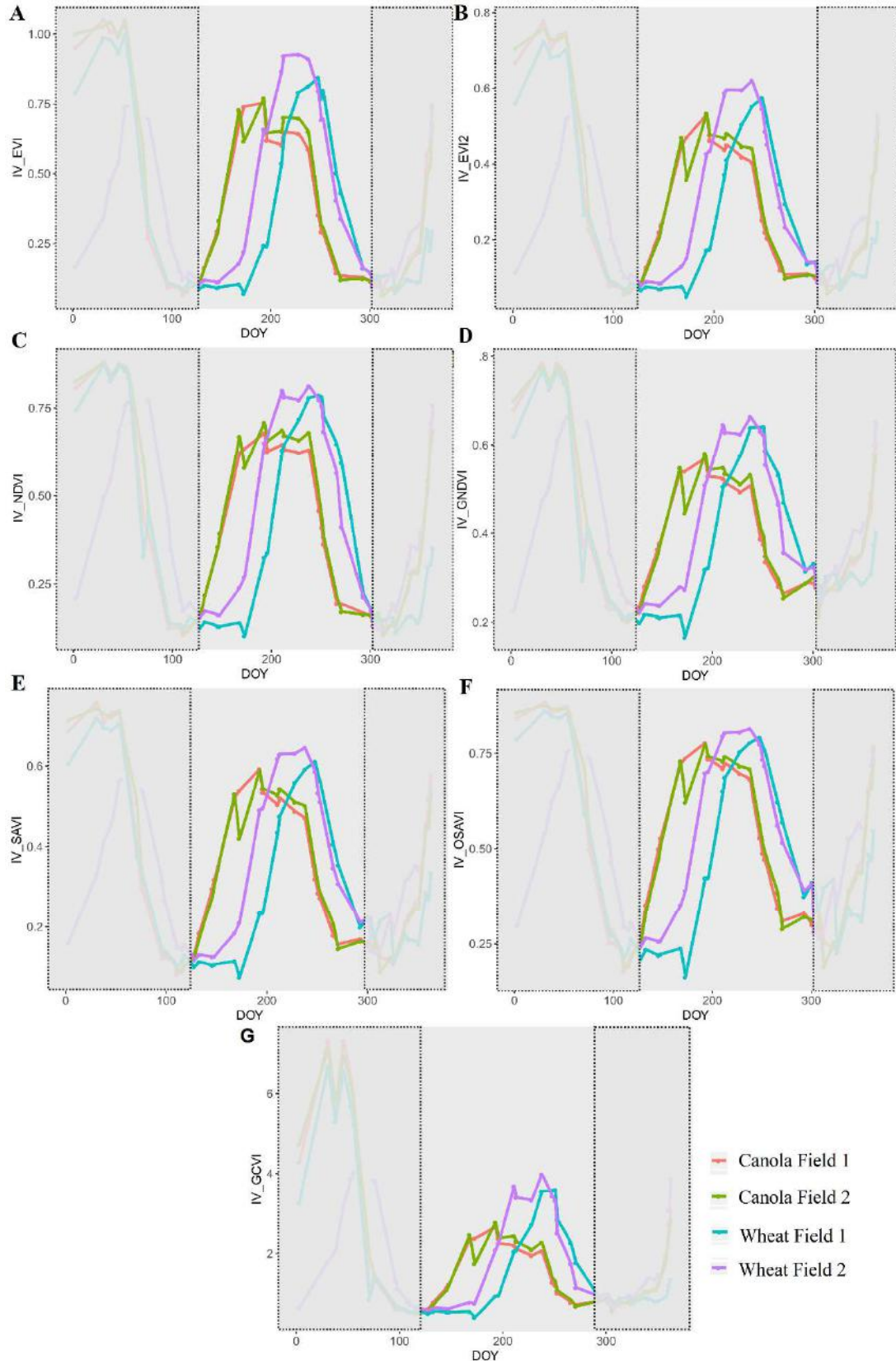
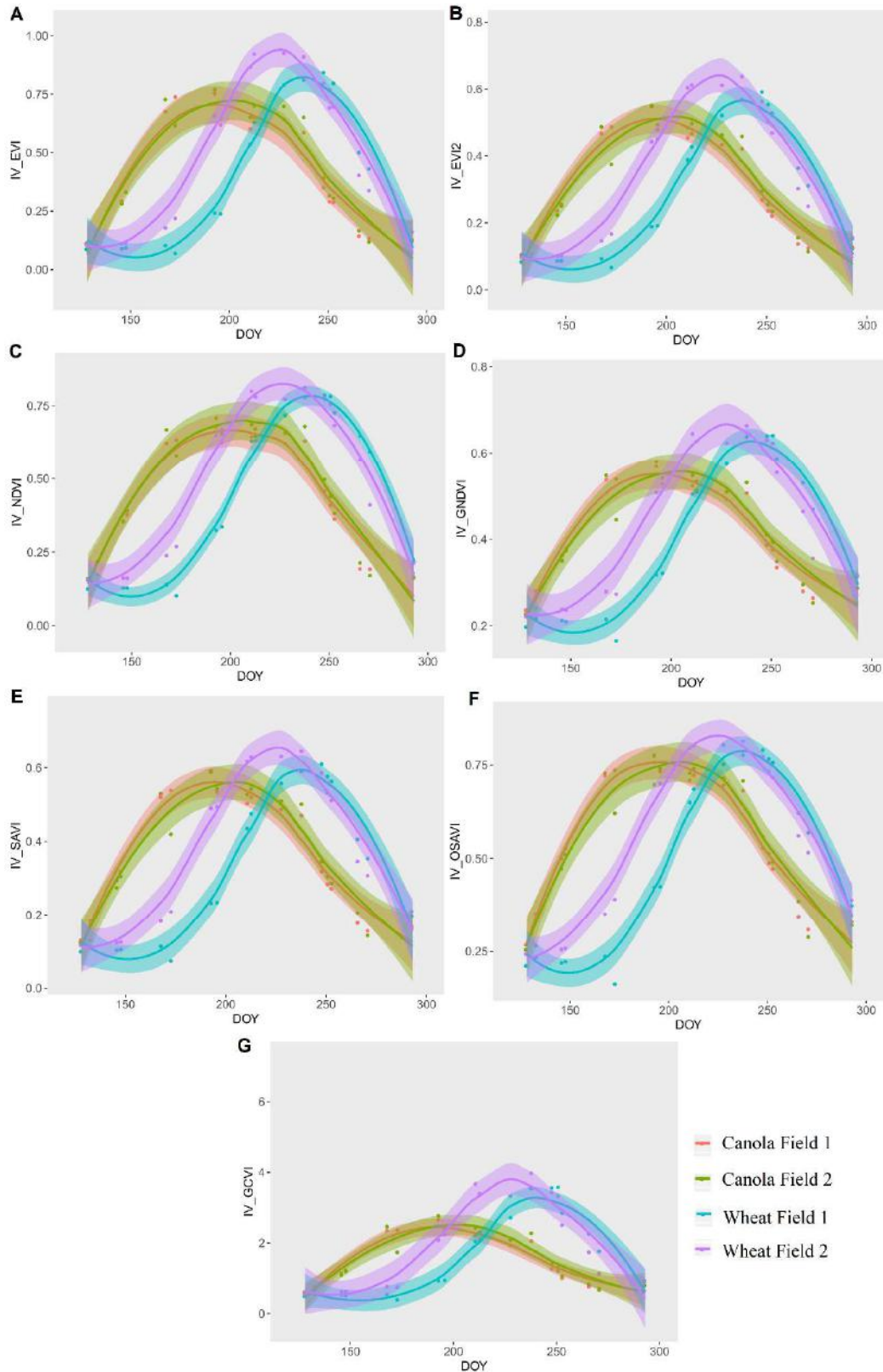




Figure 3. Smoothed temporal analysis of vegetation indices during the winter growing season for the crop fields: EVI (A), EVI2 (B), NDVI (C), GNDVI (D), SAVI (E), OSAVI (F) and GCVI (G).



#### 4. CONCLUSION

Temporal analyses of vegetation indices of winter crops such as canola and wheat permitted to provide inferences about planting date, as well as monitoring crop growth and development conditions in near-real time.

The vegetation indices: EVI, EVI2, NDVI, GNDVI, SAVI, OSAVI and GCVI, presented similar results for temporal analyses of agricultural crops.

Mapping in situ agricultural areas for later data images collection to compose time series of vegetation indices is a promising approach for identifying cultivated areas with different agricultural crops.

#### REFERENCES

CHEN, Y. et al. Mapping croplands, cropping patterns, and crop types using MODIS timeseries data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 69, p. 133–147, 2018.

DAUGHTRY C. Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v.74, n. 2, p. 229-239, 2000.

FONTANA, D. C. Inferências sobre o calendário agrícola a partir de perfis temporais de NDVI/MODIS. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 350-358, 2015.

GEO - Group on Earth Observations. Global agriculture monitoring. <http://www.earthobservations.org/index.shtml>.

GITELSON, A. A. et al. Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 5, p. 1248, 2003.

HUETE A., et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 195–213, 2002.

HUETE A.R., A soil-adjusted vegetation index (SAVI), **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295– 309, 1988.

JIANG Z., et al. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band, **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.3833–3845, 2008.

JUNGES, A. et al. Identification of croplands of winter cereals in Rio Grande do Sul state, Brazil, through unsupervised classification of normalized difference vegetation index images. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 4, p. 883-895, 2013.

Junges, A. H.; Fontana, D. C. Avaliação do desenvolvimento das culturas de cereais de inverno no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais do índice de vegetação por diferença normalizada. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1349-1355, 2009.

KLERING, E. V. et al. Estimativa de área cultivada com arroz irrigado para o estado do rio grande do sul a partir de imagens Modis. **Ciência e Natura**, v. 35, p. 126-135, 2013.

LUZ, G. L. et al. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1549-1555, 2012.

MELO, R. W. et al. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4013-4028, 2008.

MORAES, R. A. Identification and classification of the annual crop stages in the Parana state through the use of MODIS/NDVI temporal profiles. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 6, p. 7-16, 2013.

PINTO, D. G. et al. Temporal dynamics of spectral reflectance and vegetation indices during canola crop cycle in southern Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, p. 1-8, 2016.

QGIS. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2019. Disponível em: < [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/](https://www.qgis.org/pt_BR/site/)>. Acessado em 11 de setembro de 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. 2018. Disponível em: < <https://www.r-project.org/>>. Acessado em 11 de setembro de 2019.

RONDEAUX G. et al. Optimization of soil-adjusted vegetation indices, **Remote Sensing of Environment**, v. 55, p.95–107, 1996.

ROUSE J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In Third ERTS-1 Symposium, section A, NASA, Washington, DC, 1st ed., 309-317, (1973).

SANTI, A. et al. Impacto de cenários futuros de clima no zoneamento agroclimático do trigo na região Sul do Brasil, **Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, v.25, n.2, p.303-311, 2017.

SANTOS, J. S. et al. Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 54-63, 2014.

TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p. (**Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 4**).

USDA National Agricultural Statistics Service Cropland Data Layer. 2019. Published crop-specific data layer [Online]. Available at <https://nassgeodata.gmu.edu/CropScape/> (accessed 15/09/2019). USDA-NASS, Washington, DC.

WANG, S.; AZZARI, G.; LOBELL, D. B. Crop type mapping without field-level labels: Random

forest transfer and unsupervised clustering techniques. **Remote Sensing of Environment**, v. 222, p. 303-317, 2019.

## EFEITO DOS CONDICIONADORES DE SOLO SOBRE O SISTEMA RADICULAR, REFLECTÂNCIA E PRODUTIVIDADE DA SOJA

*Effect of the soil conditioners on soybean root system, canopy reflectance  
and seed yield*

Vinícius Freitas Pedron <sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado <sup>2</sup>, Marcieli Piccin <sup>3</sup>, Djeferson de Oliveira  
Batista <sup>4</sup>, Maria Heloisa Batistti Baptistella <sup>5</sup>, Luan Pierre Pott <sup>6</sup>, Enza Rigon <sup>7</sup>, Arthur Buhse <sup>8</sup>,  
Pablo do Amaral Alonço <sup>9</sup>, Gustavo Henrique dos Santos <sup>10</sup>

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima 1000, CEP:97105-900, Santa  
Maria – RS, Brasil, [pedron.vinicius@hotmail.com](mailto:pedron.vinicius@hotmail.com), [proftelmoamado@gmail.com](mailto:proftelmoamado@gmail.com),  
[marcielpiccin@hotmail.com](mailto:marcielpiccin@hotmail.com), [djose@hotmail.com](mailto:djose@hotmail.com), [mheloisabb@hotmail.com](mailto:mheloisabb@hotmail.com),  
[luanpierrepot@hotmail.com](mailto:luanpierrepot@hotmail.com), [enza-rigon@hotmail.com](mailto:enza-rigon@hotmail.com), [arthur.buhse@hotmail.com](mailto:arthur.buhse@hotmail.com),  
[aloncopablo@gmail.com](mailto:aloncopablo@gmail.com), [gh.santos2012@hotmail.com](mailto:gh.santos2012@hotmail.com)

### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito dos condicionadores de solo sobre o sistema radicular, a reflectância do dossel da cultura e a produtividade da soja. O experimento foi realizado no município de Palmeira das Missões, no Rio Grande do Sul, na safra 2018/19. O design experimental foi em faixas com três repetições e três tratamentos, nos quais T1 – testemunha, T2 – ácidos fúlvicos e T3 – cálcio. Os condicionadores de solo foram aplicados em superfície no momento da semeadura da cultura da soja. As coletas de raízes foram realizadas em dois estágios fenológicos (V4 e R1). Os resultados observados demonstram que a aplicação dos condicionadores de solo auxiliaram no desenvolvimento e aprofundamento e na distribuição do sistema radicular no solo. O efeito dos ácidos fúlvicos foi ressaltado no estágio fenológico V4, devido à sua elevada solubilidade. A aplicação de ácidos orgânicos resultou na maior produtividade de soja.

**Palavras-chave:** Condicionadores de solo. Ácidos fúlvicos. Cálcio.

### ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the effect of the soil conditioners on soybean root system, the canopy reflectance of the culture and seed yield. The experiment was carried out at Palmeira das Missões in Rio Grande do Sul in the grown season of 2018/19. The experimental design was strip plot with three repetitions and three treatments, in which T1 - control, T2 - fulvic acids and T3 - calcium. Soil conditioners were applied in surface at the time of sowing the soybean crop. Root collection was carried out in two phenological stages (V4 and R1). The results show that the application of the soil conditioners helped in the development, deepening and distribution of the root system in the soil. The effect of fulvic acids was emphasized at the phenological stage V4 due to their high solubility. The application of fulvic acids result in the higher soybean seed yield.

**Keywords:** Soil conditioners. Fulvic acids. Calcium.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil, foram observadas em áreas assim manejadas, melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. O objetivo inicial desse sistema era amenizar os efeitos da erosão hídrica no solo (LOPES et al., 2004). No entanto, com o passar dos anos e melhorias nas técnicas desse sistema, outros benefícios puderam ser observados a curto prazo, como a maior economia de combustível, redução das perdas de umidade do solo, aumento da água disponível (AMADO et al., 2009) e controle de plantas daninhas. Esse sistema de manejo que consiste na ausência de preparo de solo, traz consigo além das melhorias a curto prazo, outras a longo prazo, devido principalmente à rotação de culturas que esse tem como pressuposto. Dentre estas melhorias, estão o aumento e manutenção da matéria orgânica do solo (MOS) (AMADO et al., 2010), manter ativa e ajudar na diversificação da biota do solo e influenciar a atividade microbiana (BALOTA et al., 1998).

Aliado ao plantio direto, o uso de novas tecnologias, como cultivares mais precoces e mais produtivas e o aumento do uso de insumos (adubos, corretivos, condicionadores, etc.) colaboraram para o aumento da produtividade por área das grandes culturas agrícolas em geral. Atualmente, no Brasil são cultivados cerca de 32 milhões de hectares sob o Sistema Plantio Direto (OLIVEIRA et al., 2016).

Um dos pilares do SPD envolve a aplicação em superfície dos fertilizantes, prática esta que explica a correção e conseqüente acúmulo de nutrientes apenas na camada mais superficial do solo, caracterizando a compactação química. Em função disso, ocorre o acúmulo de raízes nessa camada rica em nutrientes, o que pode intensificar as perdas de produtividade das culturas, principalmente em situações de déficit hídrico (COLEMAN; THOMAS, 1967).

Para auxiliar no aprofundamento do sistema radicular e melhorar as condições de solo, podem ser utilizadas estratégias de manejo, tais como a aplicação de condicionadores à base de cálcio, substâncias húmicas, enxofre, entre outros. As substâncias húmicas, compostas de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e húmicos, são os principais componentes da matéria orgânica (DA ROSA et al., 2009). Os efeitos destas substâncias para as plantas estão atreladas ao incremento da absorção de nutrientes, devido à influência na permeabilidade da membrana celular e ao poder quelante, bem como à fotossíntese, à formação de ATP, aminoácidos e proteínas (VAUGHAN et al., 1985). As substâncias húmicas alteram diretamente o metabolismo bioquímico das plantas e, por conseqüência, podem influir no seu crescimento e desenvolvimento. O cálcio normalmente é adicionado ao sistema solo-planta pelo corretivo calcário ou pelo condicionador gesso. Segundo Soratto, Crusciol e Mello (2010) a utilização do gesso tem como objetivo aumentar a concentração de cálcio em profundidade, possibilitando melhores condições químicas do subsolo, local que normalmente é pouco favorável ao desenvolvimento radicular.

Geralmente o manejo da fertilidade do solo tem o potencial de incrementar ou manter a biomassa e a produtividade de determinadas culturas (Heermann et al., 2002). Segundo Caires et al. (2002) a correção e a melhoria dos atributos químicos do solo favorece o desenvolvimento do sistema radicular e o incremento de biomassa da parte aérea da cultura do milho. Para a fácil e rápida detecção de condições de crescimento e desenvolvimento das plantas estão sendo utilizados índices de vegetação adquiridos do sensoriamento remoto e proximal.

O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) é o índice de vegetação com maior difusão global (ROSSATO et al., 2012). O uso de medidas de reflectância na estimativa da biomassa pode auxiliar os produtores quanto as decisões de manejo, como irrigação, adubação

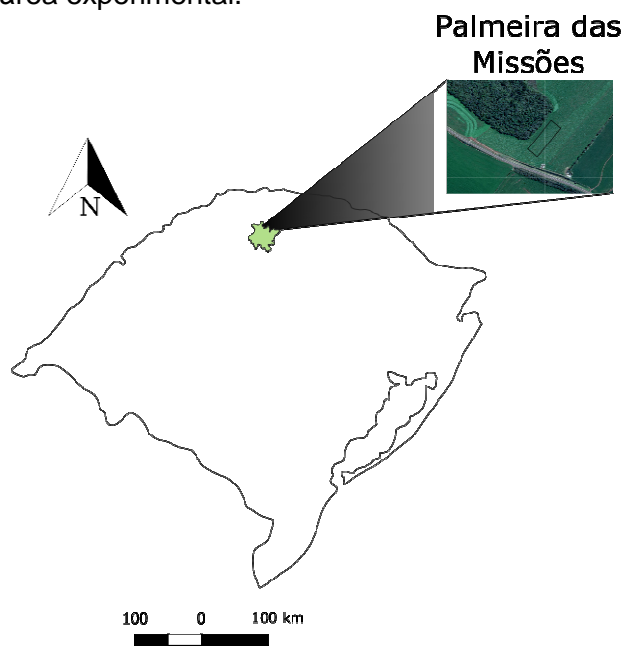
foliar e aplicação de reguladores de crescimento para a obtenção da produtividade máxima (ZHAO et al., 2007). Apesar da elevada quantidade de pesquisas, principalmente nas culturas do milho e do trigo, são limitados os trabalhos sobre como os sensores devem ser utilizados no campo ou qual a sua sensibilidade em estimar medidas agrônômicas (ROSSATO et al., 2012).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito dos condicionadores de solo sobre o sistema radicular, a reflectância do dossel da cultura e a produtividade da soja.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Palmeira das Missões no Rio Grande do Sul em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2018) e o clima como Cfa (KÖPPEN, 1938). A área experimental era cultivada durante o verão com a cultura da soja, a qual foi semeada em novembro 2018 e pertencia ao grupo de maturação 5.8.

Figura 2. Localização da área experimental.



Para induzir o desenvolvimento do sistema radicular, foram utilizados dois tipos de condicionadores de solo. O primeiro era constituído por substâncias húmicas (ácidos fúlvicos) e o segundo por cálcio de alta solubilidade, nas dosagens de 2 L ha<sup>-1</sup> e 27,5 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A aplicação dos condicionadores foi realizada na superfície do solo no momento da semeadura da cultura da soja. O design experimental foi de faixas com três repetições e três tratamentos, sendo que: T1 – testemunha, T2 – ácidos fúlvicos, T3 – cálcio. O tamanho das parcelas era de 10x10 m e espaçamento entre linhas de 0,5 m.

A coleta de raízes foi realizada nos estágios fenológicos V4 e R1, no ciclo da cultura da soja na safra de 2018/2019. No estágio V4, a coleta teve como finalidade identificar quais tratamentos teriam respostas aceleradas e se isso resultaria em um maior desenvolvimento radicular final.

A coleta do sistema radicular foi realizada através da metodologia da placa de pregos,

adaptada de Hansel et al. (2017) e Li et al. (2017), a qual consistiu na inserção de placas de madeira com pregos, com espaçamento de 5 x 5 cm para facilitar a fixação no perfil do solo, exposto em trincheiras de aproximadamente 50 x 60 x 60 cm (altura x comprimento x largura). Para a retirada da placa de pregos com o máximo de preservação da rizosfera, foi fixada na base da placa uma malha de alumínio de 0,002 m, com a extração das amostras por macaco hidráulico, perfazendo três repetições.

Após a extração, cada monolito foi embalado com papel-filme para preservar as raízes durante o transporte. A lavagem foi realizada utilizando água corrente com baixa vazão para desagregar o solo e possibilitar a liberação das raízes que estavam fixadas ao solo. No laboratório, as raízes foram secas, cortadas e separadas por profundidade (a cada 5 cm) e escaneadas utilizando um scanner Epson Expression 12000XL (Epson America Inc., Long Beach, CA, United States), gerando imagens de 600 dpi analisadas pelo software WinRhizo (Regent Instruments Canada Inc. Ville de Québec, Qc, Canada), nas quais foram determinados o comprimento e volume total de raízes, além do comprimento e volume de raízes por classes de diâmetro (<0,2, 0,2-0,8 e >0,8 mm).

Para determinar a reflectância das plantas foi utilizado o equipamento GreenSeeker, o qual consiste em um sensor proximal ativo, o seja, emite um feixe de luz e capta a intensidade dos comprimentos de onda da faixa espectral do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR). A reflectância média dessas duas bandas espectrais são aplicadas a uma equação para determinar o NDVI.

O índice vegetativo da diferença normalizada foi determinado por um algoritmo baseado na equação:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

As quantificações da reflectância foram realizadas à altura média de um metro do dossel das plantas oito estágios fenológicos (V1, V2, V4, V6, V7, R1, R2 e R4).

A determinação da produtividade da soja foi realizada através da colheita de três repetições de dois metros quadrados, totalizando 6 m<sup>2</sup> em cada parcela. A umidade de grãos foi determinada em cada repetição e sua respectiva produtividade foi corrigida para a umidade de 13%.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão descritos o comprimento, o volume total de raízes nos dois estágios fenológicos avaliados (V4 e R1) e o número de nódulos observados em cada tratamento.

É possível observar que o T2 e o T3 apresentaram maior comprimento e volume de raízes no estágio R1 em relação à testemunha. Da Rosa et al. (2009), observaram comportamento semelhante no enraizamento de feijão (*Phaseolus vulgaris*) ao aplicar substâncias húmicas extraídas de carvão mineral no solo. Da Silva et al. (2000) também observaram este efeito no azevém (*Lolium multiflorum*). A aplicação de cálcio também afetou o enraizamento da soja, corroborando com o reportado por Caires (2008), o qual encontrou correlações significativas entre o teor de cálcio no solo e a densidade de raízes.



Tabela 1. Comprimento e volume total de raízes nos estágios fenológicos V4 e R1.

Tratamentos	Comprimento (cm)		Volume (cm <sup>3</sup> )		Número de nódulos
	V4	R1	V4	R1	
T1	631,64 <sup>ns</sup>	1491,46 <sup>b</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	7,33 <sup>c</sup>	228 <sup>b</sup>
T2	1291,69 <sup>ns</sup>	3873,66 <sup>a</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	14,10 <sup>b</sup>	398 <sup>a</sup>
T3	736,79 <sup>ns</sup>	3213,52 <sup>a</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	19,62 <sup>a</sup>	220 <sup>b</sup>

T1 - Testemunha; T2 - Aplicação de ácidos fúlvicos; e T3 - Aplicação de cálcio.

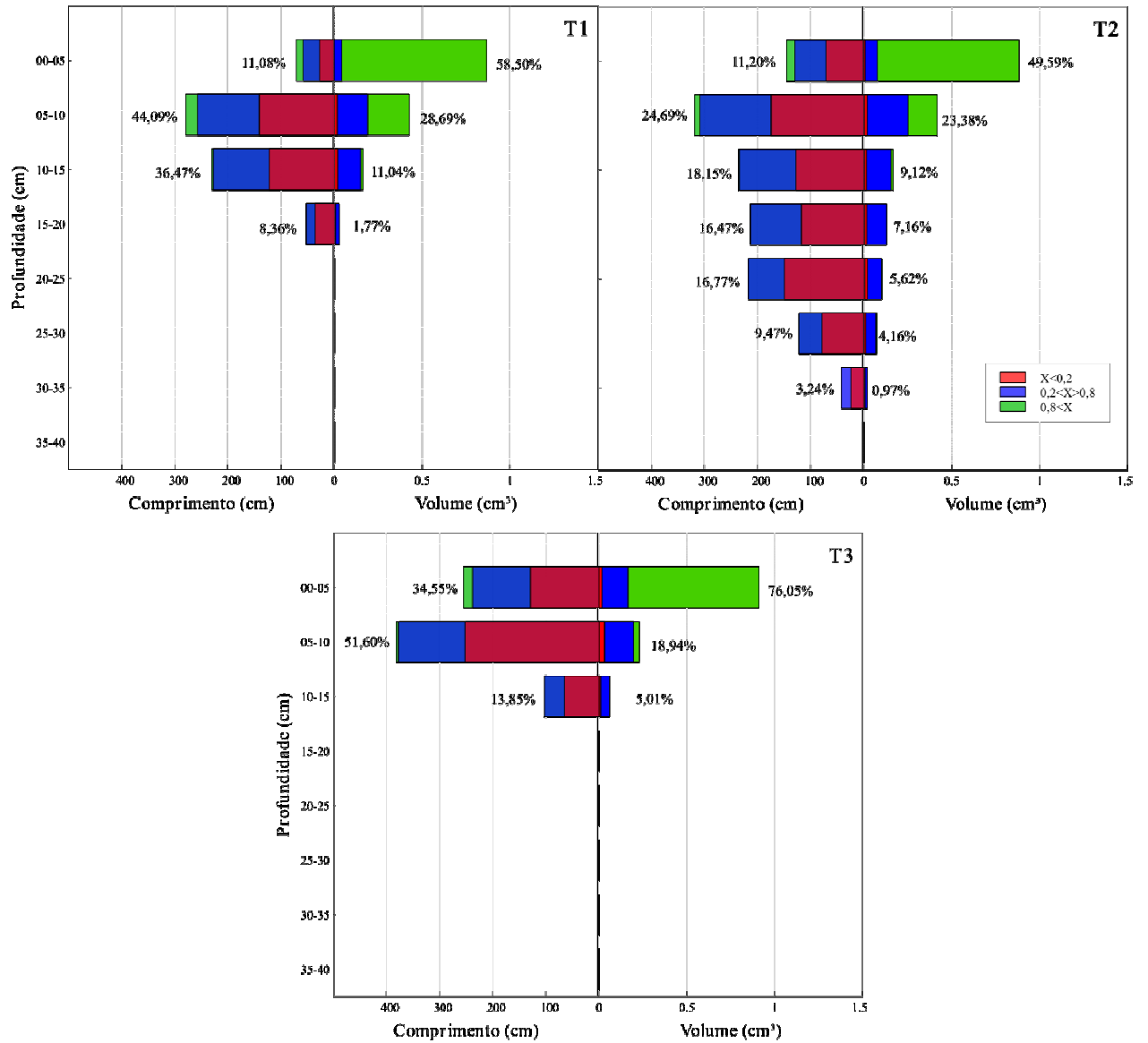
Com relação ao número de nódulos (Tabela 1), é possível observar que, conforme o maior desenvolvimento do sistema radicular, maior foi o nível de infecção pelas bactérias nodulantes contidas no solo, o T2 apresentou volume radicular inferior ao T3, contudo apresentou um maior número de nódulos, o que pode ser atribuído à maior quantidade de raízes finas (inferiores a 0,2 cm), permitindo uma maior área superficial de contato com o solo e com os microrganismos, o que também foi observado por Costa (2001), o qual identificou o incremento de 41% no comprimento de raízes finas e 22% da área radicular e por Silva et al. (1999) que encontraram aumento na área superficial do sistema radicular na cultura do milho.

As figuras 2 e 3 apresentam a distribuição do sistema radicular no solo em função dos tratamentos aplicados no estágio V4 e R1, respectivamente. É possível observar que, no estágio V4, apenas o T2 apresentou raízes de 0 à 35 cm de profundidade, enquanto que, no estágio R1, todos os tratamentos apresentaram este comportamento.

Segundo Da Rosa et al. (2009), a absorção de ácidos fúlvicos é facilitada devido ao menor tamanho molecular e alta solubilidade como a solução do solo, resultando em maior desenvolvimento de raízes de menor diâmetro. Corroborando com o resultado obtido no tratamento onde foi aplicado ácidos fúlvicos.

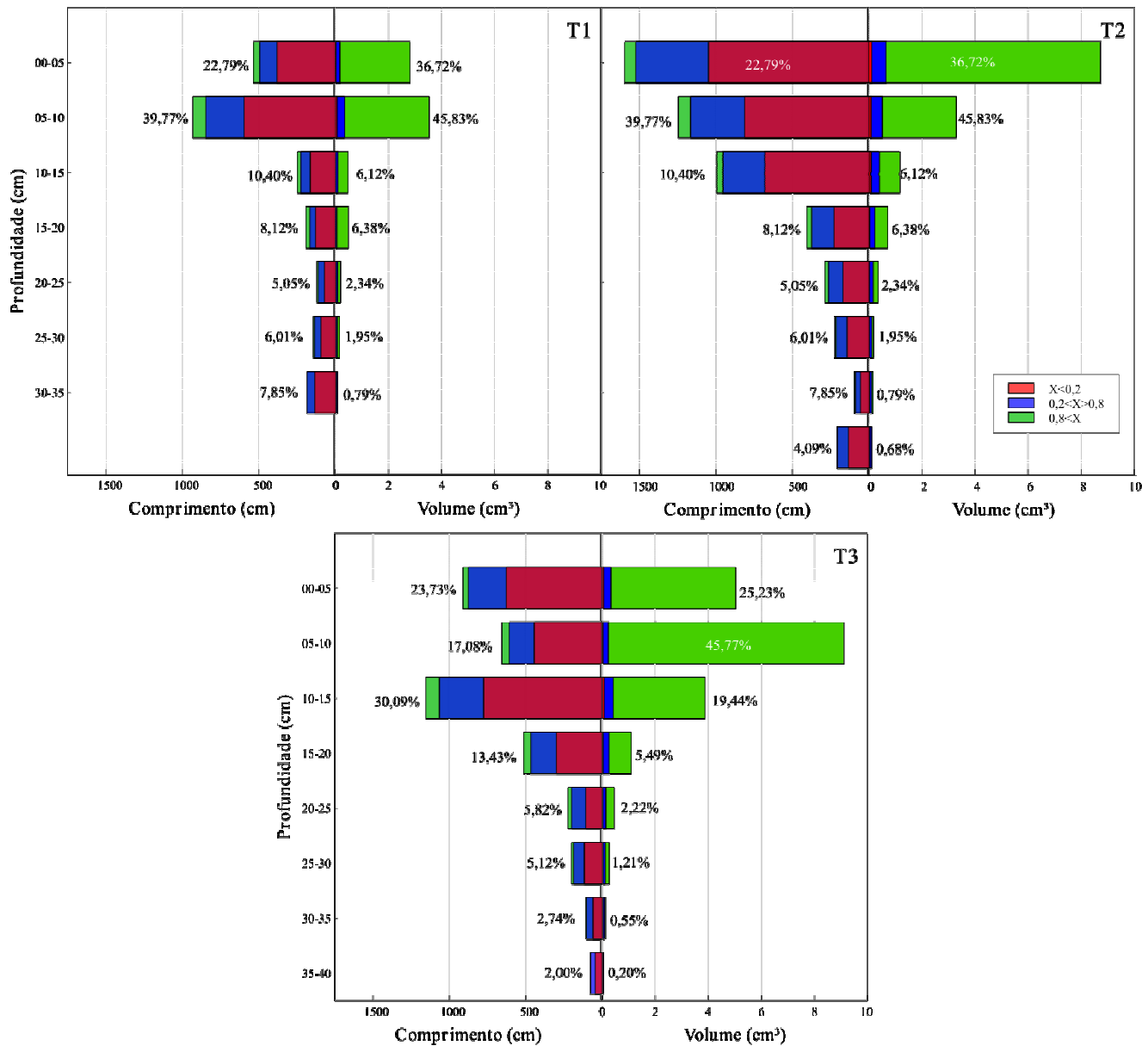
Na figura 3, observa-se o incremento de raízes (comprimento e volume) de 0 à 40 cm com a aplicação de condicionadores de solo (T2 e T3). A distribuição das raízes no solo nesses tratamentos também é mais homogênea. Resultados semelhantes foram observados por Caires et al. (2001) onde foi observado maior enraizamento e distribuição do sistema radicular em áreas com aplicação de calcário e por Calandrelli et al. (2016) em função da aplicação de gesso no solo.

Figura 2. Comprimento e volume do sistema radicular no estágio fenológico V4.



T1 - Testemunha; T2 - Aplicação de ácidos fúlvicos; e T3 - Aplicação de cálcio.

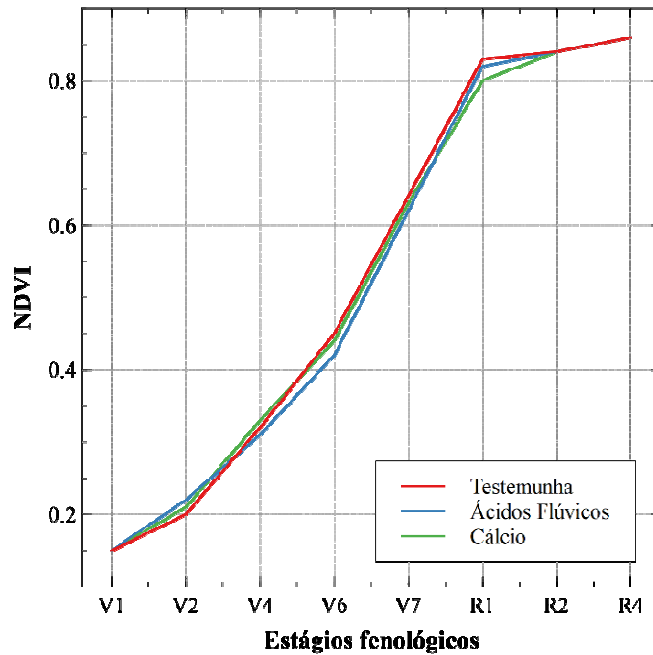
Figura 3. Comprimento e volume do sistema radicular no estágio fenológico R1.



T1 - Testemunha; T2 - Aplicação de ácidos fúlvicos; e T3 - Aplicação de cálcio.

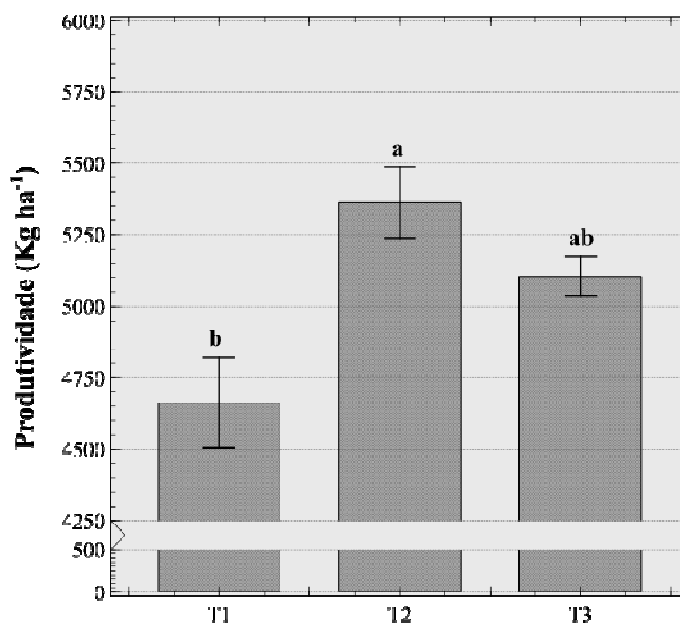
Na figura 4, está demonstrada a avaliação do NDVI em oito estágios fenológicos. Não foi observado diferença estatística entre as curvas espectrais geradas com os dados de NDVI. Segundo Rossato et al. (2012), o índice NDVI apresenta elevada a capacidade de detectar as variações na biomassa e na produtividade. Contudo, Freeman et al. (2003) ressaltam que em estágios onde os valores de NDVI estão elevados, a acurácia dos dados pode ser duvidosa, devido a elevada biomassa e a saturação do índice gerada pelos picos de absorção da banda espectral do vermelho.

Figura 4. Curva espectral de NDVI da cultura da soja.



A Figura 5 apresenta as produtividades alcançadas com as aplicações dos tratamentos. A aplicação de ácidos fúlvicos (T2) resultou na maior produtividade observada, sendo superior a testemunha. Este condicionador pode servir como alimento para as rizobactérias do solo, atuando como potencializador da fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que pode ser evidenciado pelo maior número de nódulos observados nesse tratamento (Tabela 1).

Figura 5. Produtividade dos tratamentos na cultura da soja.



T1 - Testemunha; T2 - Aplicação de ácidos fúlvicos; e T3 - Aplicação de cálcio.

## 4 CONCLUSÕES

No estágio V4, a aplicação de ácidos fúlvicos no solo promoveu o aprofundamento e um maior desenvolvimento do sistema radicular da soja. No estágio R1, a aplicação de cálcio também teve esse comportamento. O número de nódulos foi afetado significativamente apenas pela aplicação de ácidos fúlvicos.

O sensoriamento proximal não detectou variações de reflectância no dossel da cultura.

A aplicação de ácidos fúlvicos no solo contribuiu para a maior produtividade da cultura da soja.

## 5 REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C. et al. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 831-843, 2009.

AMADO, T. J. C.; SCHLEINDWEIN, J. A.; FIORIN, J. E. Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In: **Soja – Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre, UFRGS, p.35-97, 2010.

BALOTA E. L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

CAIRES, E. F. et al. Crescimento e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 1029-1040, 2001.

CAIRES, E. F. et al. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1011-1022, 2002.

CAIRES, E. F. et al. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v. 28, p. 57-64, 2008.

CALANDRELLI, A. et al. Distribuição de raízes de soja em semeadura com haste no SPD em função da escarificação e gessagem. In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 6, 2016, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2016. Disponível em <<http://alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1052502/1/JA2016.p.200208.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2019.

COLEMAN, N. T.; THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F. Soil acidity and liming. **American Society of Agronomy**, Madson, p. 1-41. 1967.

COSTA, C. N. Efeito das substâncias húmicas no desenvolvimento radicular de cebola, *Allium cepa* L., e na cinética de absorção de fósforo e potássio, Pelotas, Universidade Federal de Pelotas,

2001. 51 p. (Tese de Mestrado)

DA ROSA, C. M. et al. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p.959-967, 2009.

DA SILVA, R. M. et al. Desenvolvimento das raízes do azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias húmicas, sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1623-1631, 2000.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5ª. Ed. Brasília: Embrapa – CNPS; 2018.

FREEMAN, K.W. et al. Late-season prediction of wheat grain yield and grain protein. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, p.1837-1852, 2003.

HANSEL, F. D. et al. Phosphorus fertilizer placement and tillage affect soybean root growth and drought tolerance. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 6, p. 2936–2944, 2017.

HEERMANN, D.F. et al. Interdisciplinary irrigated precision farming research. **Precision Agriculture**, v.3, p.47-61, 2002.

KÖPPEN, W. P. **Das geographic system der climate**. In: W. Köppen and R. Geiger, editors, *Handbuch der Klimatologie*. C.G. Borntrager, Berlin. 1938. p. 1-44.

LI, H. et al. Soybean root traits after 24 years of different soil tillage and mineral phosphorus fertilization management. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 258–267, 2017.

LOPES, A. S. et al. Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo. **ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos**. 110 p., 2004.

OLIVEIRA, J. A. G. de et al. Conceitos e atribuições do sistema de plantio direto e sua viabilidade nos agroecossistemas. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 13, 11p, 2016.

ROSSATO, O. B. Sensores de reflectância e florescência na avaliação de teores de nitrogênio, produção de biomassa e produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1133-1141, 2012.

SILVA, R.M. et al. Crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho cultivado em solução nutritiva adicionada de substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, n. 2, p. 164-155, 1999.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; MELLO, F. F. C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, v. 69, p. 965-974, 2010.

VAUGHAN, D.; MALCOM, R. E. **Soil organic matter and biological activity**. 477 p., 1985.

ZHAO, D.L. et al. Canopy reflectance in cotton for growth assessment and lint yield prediction.  
**European Journal of Agronomy**, v.26, p.335-344, 2007.

## ACIDEZ DOS SOLOS DA REGIÃO DAS MISSÕES, RS

### *Soil Acidity of Missões, RS*

Lidiane Martins da Costa<sup>1</sup>, Júlio César Wincher Soares<sup>1</sup>, Fábio Evandro Grub Hauschild<sup>2</sup>,  
Higor Machado de Freitas<sup>3</sup>, Daniel Nunes Krum<sup>1</sup> e Lucas Nascimento Brum<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Batista Bonoto Sobrinho,  
97700-000, Santiago – RS, Brasil, e-mail: [costalidiane00@gmail.com](mailto:costalidiane00@gmail.com)

<sup>2</sup> Cooperativa Triticola Regional Sãoluizense Ltda, Av. Senador Pinheiro Machado, 4436, 97800-000,  
São Luiz Gonzaga – RS, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil.

### RESUMO

O estudo da fertilidade do solo é de fundamental importância para a melhoria dos agroecossistemas. O presente trabalho contempla um diagnóstico de análises de solo, coletadas entre os anos de 2016 e 2018, perfazendo 1988 lavouras, em 13 municípios situados na Região Noroeste, Missões, RS. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a acidez dos solos da região das Missões e a sua demanda por corretivos, gerando assim, subsídios para a gestão da fertilidade dos solos, de modo a fomentar o desenvolvimento agrícola na região em estudo. A partir do levantamento de dados, avaliou-se os valores de  $pH_{H_2O}$ , saturação por alumínio e da estimativa da necessidade de calcário comercial (PRNT 70%) para elevar o pH em água a 6,0, ideal para a cultura da soja. A acidez natural dos solos foi mitigada na maioria das áreas de produção agrícola avaliadas, na região das Missões, RS. Porém, ainda existem condições de média a alta acidez potencial (H+Al), o que demonstra alta probabilidade de respostas à calagem. Diante disso, a Agricultura de Precisão pode se tornar uma importante aliada para o aperfeiçoamento na correção da acidez dos solos da região das Missões- RS.

**Palavras-chave:** Fertilidade do Solo. Data Mining. Agricultura Digital.

### ABSTRACT

The study of soil fertility is of fundamental importance for the improvement of agroecosystems. The present work contemplates a diagnosis of soil analyzes, collected between 2016 and 2018, totaling 1988 crops, in 13 municipalities located in the Northwest Region, Missões, RS. The present work aimed to evaluate the acidity of soils in the Missions region and its demand for correctives, thus generating subsidies for soil fertility management, in order to promote agricultural development in the region under study. From the data survey, we evaluated the values of  $pH_{H_2O}$ , aluminum saturation and the estimated need for commercial limestone (PRNT 70%) to raise the pH in water to 6.0, ideal for soybean crop. The natural acidity of the soils was mitigated in most of the evaluated agricultural production areas, in the region of Missões, RS. However, there are still conditions of medium to high potential acidity (H + Al), which shows a high probability of liming responses. Thus, Precision Agriculture can become an important ally for the improvement in soil acidity correction in the Missões-RS region.

**Keywords:** Soil fertility Data Mining. Digital agriculture.

### 1 INTRODUÇÃO

O potencial produtivo de uma determinada região tem forte relação com o tipo de solos nela existente. A definição do correto uso e manejo do solo é baseado no conhecimento das suas características químicas, física e biológicas (COSTA & BRESCHER, 2018). A análise de solo, por



sua vez é uma ferramenta de extrema importância para o gerenciamento da sua fertilidade, indicando a adoção de boas práticas edáficas.

Neste contexto, o conhecimento das características químicas do solo através de análises laboratorial, é uma das ferramentas básicas para determinar o sucesso da atividade agropecuária. A metanálise por sua vez, é uma técnica estatística adequada para combinar resultados provenientes de diferentes estudos (RODRIGUES & ZIEGELMAN, 2010), e que é utilizada em Agricultura de Precisão com objetivo de prever a quantidade de corretivos de solo a serem utilizados. A correção e fertilização sem uma correta análise de solo, resulta em baixas produtividades, devido a subsolagens ou aplicações excessivas de corretivos e fertilizantes, gerando gastos desnecessários, aumentando o custo de produção, causando danos ao meio ambiente por meio da contaminação do solo e da água (TIECHER et al., 2016). Para que a agricultura possa continuar desempenhando o seu papel, produzindo alimentos, fibras e energia, é fundamental a adoção de tecnologias modernas, que assegurem o aumento da produtividade, a redução dos custos de produção e a oferta de alimentos com qualidade (EMBRAPA, 2017).

Diante deste cenário, a Cooperativa Triticola Regional Sãoluizense Ltda - COOPATRIGO vem investido em tecnologias que permitam entre outros, orientar os produtores sobre o balanço de nutrientes do solo e as práticas de manejo adequada à cada lavoura, corroborando com o desenvolvimento dos municípios em que está inserida. Com base em análises químicas de solo, o presente trabalho avaliou a acidez dos solos da região das Missões e a sua demanda por corretivos. A metodologia de preparo e análise utilizada segue um protocolo uniforme dos laboratórios da ROLAS - Rede Oficial de laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos estados de RS e SC.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

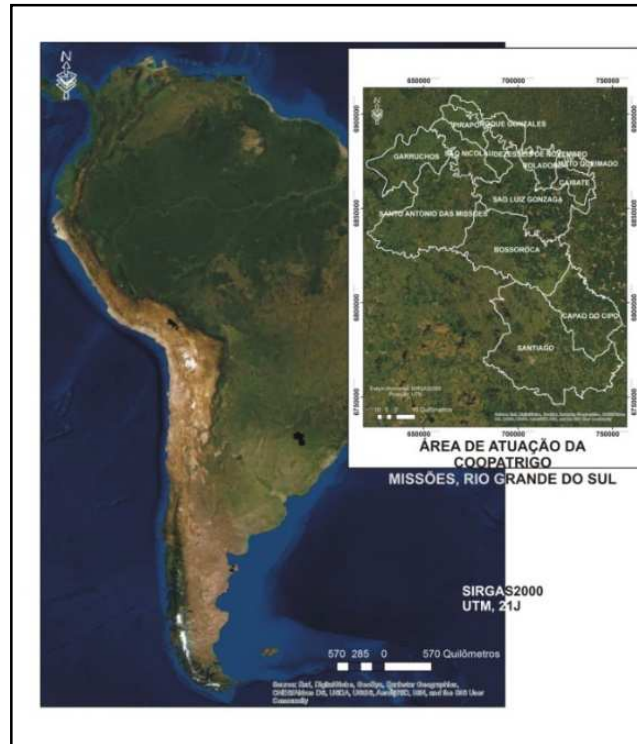
O trabalho contempla um diagnóstico de análises de solo entre os anos de 2016 e 2018, totalizando 1988 análises de amostras, coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, oriundas das áreas de abrangência da COOPATRIGO, referente aos municípios de São Luiz Gonzaga, Bossoroca, Santo Antônio das Missões, Garruchos, Dezesseis de Novembro, Caibaté, Mato Queimado, Rolador, Roque Gonzales, Capão do Cipó, Santiago, São Nicolau e Pirapó, situados na Região Noroeste, Missões do Estado do Rio Grande do Sul (FIGURA 1).

A metodologia de preparo e análise utilizada segue um protocolo uniforme dos laboratórios da ROLAS - Rede Oficial de laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos estados de RS e SC.

O pH em água foi determinado por potenciômetro na suspensão solo-água, na proporção de 1:1. Na análise usou-se 10 cm<sup>3</sup> de solo e 10 mL de água. O alumínio trocável foi extraído por cloreto de potássio 1 mol L. Numa fração do extrato, o alumínio foi titulado com hidróxido de sódio, na presença de azul de bromotimol, utilizou-se 2,5 cm<sup>3</sup> de solo.

A Capacidade de troca de cátions (CTC) foi calculada pela soma dos cátions de reação básica trocáveis e dos cátions ácidos (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>). Para a CTC efetiva, foi somado o cátion Al<sup>3+</sup> aos cátions de reação básica: CTC efetiva = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>. A CTC pH 7,0 foi calculada da seguinte forma: CTC pH 7,0 = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>). A saturação da CTCefetiva por Al (valor m%) foi calculada: m=Al x 100/CTCefetiva. A fração da CTC (calculada a pH 7,0) denominada saturação por bases (valor V), foi calculada por: V=Sx100/CTC pH 7,0. Sendo que S = soma dos cátions de reação básica.

Figura 1. Distribuição espacial dos municípios inseridos na região das Missões – RS.



A partir da mineração de dados no banco de dados da COOPATRIGO, calculou-se a saturação por alumínio e da estimativa da necessidade de calcário comercial (PRNT 70%), para elevar o pH em água a 6,0.

Para a classificação agronômica do pH e a classificação química da acidez ativa (pH) do solo foram utilizados parâmetros descrito por (NOVAIS et al. 2007). Os teores de alumínio trocável ( $Al^+$ ) e a denominada acidez potencial ( $H+Al$ ) estimada pelo método pH SMP foram interpretados conforme a classificação proposta por (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013). A saturação por alumínio (m) foi interpretada conforme a (CQFS-RS/SC, 2016).

A variabilidade dos atributos químicos foi avaliada pela análise exploratória dos dados, calculando-se a média, valores de máximo e mínimo, o desvio padrão e o coeficiente de variação. E essa variabilidade, de acordo com os valores de coeficiente de variação (CV), foi classificada em: baixa ( $CV < 12\%$ ), média ( $12 < CV < 62\%$ ) e alta ( $CV > 62\%$ ), conforme (WARRICK & NIELSEN, 1980).

Considerando que as amostras apresentaram diferentes composições na fase sólida, sendo encontradas magnitudes distintas de poder tampão, a recomendação de calagem foi realizada utilizando o índice SMP (pH SMP) para solos com alto poder tampão ou a equação polinomial, quando em solos com baixo poder tampão. O cálculo da demanda por calagem considerou a elevação do pH para 6,0, padrão para a cultura da soja, a área de efetivo plantio descrita no cadastro da amostra e um calcário com poder de neutralização (PRNT) de 70%, o mais frequente na região de estudo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo baseou-se nos dados de 1.988 análises químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, coletadas em 13 municípios das Missões, Estado do Rio Grande do Sul. Segundo o IBGE (2017), os municípios em estudo possuem como principais grãos cultivados: soja (359.316 ha), trigo (60.502 ha), milho (49.648 ha), aveia (21.921 ha) e arroz (5.200 ha).

Segundo a CQFS-RS/SC (2016) desde meados dos anos 70, se conhece que as plantas de interesse agropecuário podem ser agrupadas por seu pH mais adequado, para se manter o potencial de rendimento das culturas a serem implantadas na área. Essas culturas de grãos possuem como referência o pH 6,0 para soja, trigo, milho, aveia e para o arroz pH H<sub>2</sub>O 5,5. Seguindo a classificação do CV, proposto por Warrick & Nielsen (1980), observou-se que os valores de pH<sub>H2O</sub> apresentaram uma baixa variabilidade, ou seja, CV < 12%, com valores entre 4,1 a 6,8, perfazendo 5,5 de média.

A maioria dos solos do Rio Grande do Sul, em seu estado natural são ácidos, conforme indicado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016), resultando em limitações no desenvolvimento das principais culturas agrícolas cultivadas. A acidez condiciona o estado geral do solo como base de crescimento para as plantas, em decorrência das relações de causa e efeito com outras propriedades químicas, físicas e biológicas (NOVAIS et al., 2007).

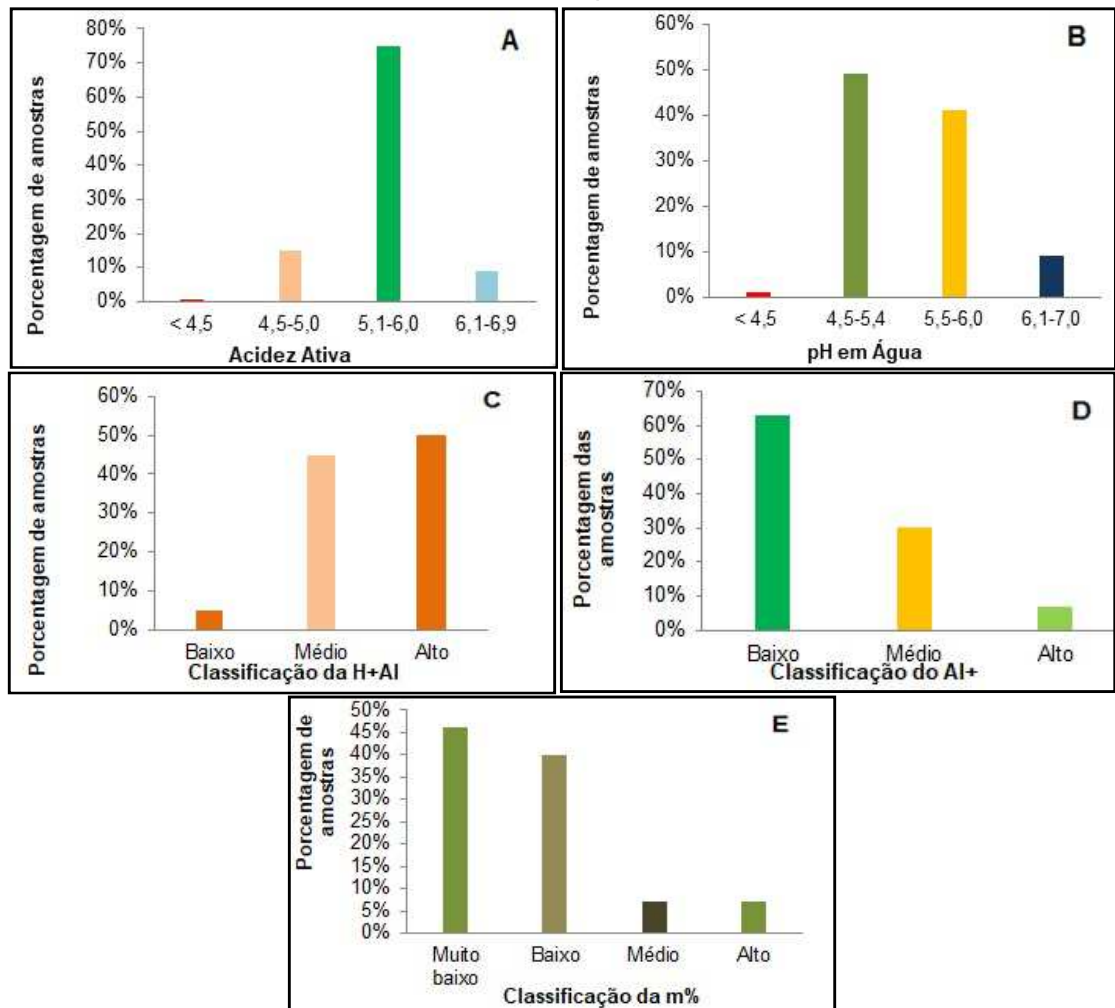
A acidez ativa do solo é a atividade do H<sup>+</sup> presente na solução do solo, o pH varia ao longo do tempo, alterando-se o valor, conforme o manejo do solo, cultivos sucessivos e adubações (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013). Nos municípios em estudo, 75% das amostras de solo avaliadas mostraram-se com acidez ativa na classificação média, 15% elevada, 9% fraca e apenas 1% elevada/alcalina (Figura 2 - A), indicando que acidez natural foi mitigada em quase todas as áreas de produção agrícola.

Conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016), os melhores resultados agronômicos são obtidos quando a proporção de solo ocupada pelas raízes das culturas encontra-se corrigida, em relação a acidez. A classificação agronômica do pH do solo nos municípios em estudo culminou nas frequências de amostras classificadas em: 49% baixo, 41% bom, 9% alto e 1% muito baixo. Diante dos resultados, a preocupação acerca de possíveis restrições a máxima produtividade das culturas agrícolas torna-se evidente, quando observamos que 50% das amostras possuem pH<sub>H2O</sub> < 5,4. De acordo com Martinazzo (2006), o máximo potencial produtivo acaba não sendo alcançado, devido a indisponibilidade de certos nutrientes, sob faixas de pH inferiores a pH 5,5, e pela possível toxidez por alumínio, restringindo o desenvolvimento radicular.

Considerando-se que a grande maioria das culturas de grãos e espécies forrageiras cultivadas apresentam o pH de referência igual a 6,0 Fiorin (2018), torna-se inquietante o resultado de que apenas 41% das amostras encontram-se na faixa ideal de pH<sub>H2O</sub>, para as principais culturas cultivadas na região de estudo. Fato este, que pode estar denotando uma reacidificação dos solos agrícolas da região, como também foi observado por (TIECHER et al., 2016), em estudo realizado na Região Norte do RS e Sudeste de SC.

Da mesma forma que a acidez excessiva do solo é prejudicial ao desenvolvimento das plantas, pela menor disponibilidade de macronutrientes e maior solubilidade de elementos fitotóxicos (Al e Mn), valores de pH do solo acima de 6,5 ocasionam problemas relacionados à deficiência de micronutrientes catiônicos (TIECHER et al., 2016). Ou seja, cerca de 9% das amostras de solo apresentam valores de pH<sub>H2O</sub> que podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das plantas cultivadas na região.

Figura 2. Resultados analíticos de amostras de solo no período entre 2016 – 2018.



A acidez do solo pode causar restrições na exploração pelas raízes, nos 20 cm superficiais do solo e também, em maior profundidade, reduzindo o crescimento radicular, nessas camadas, e limitando a absorção de água e nutrientes (NOVAIS et al., 2007). Tendo em vista que na região frequentemente ocorrem períodos de estiagem (veranicos), durante o cultivo, a correção do pH do solo se torna muito importante, pois plantas com restrições no crescimento radicular tem uma menor área de exploração do solo e conseqüentemente, têm menor produtividade.

Acidez potencial é a medida da capacidade do solo liberar H (presença de substâncias no solo que funcionam como ácidos fracos) e é representada por H + Al. As classes de interpretação são genéricas e de pouca aplicação prática, uma vez que a determinação do H+Al tem como objetivo principal o cálculo da CTC do solo (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013). Conforme a Figura 2 – C, desta maneira, 50% das amostras apresentam alta acidez potencial, 45% média e 5% baixa. Possibilitando dizer que, existe alta frequência de condições de média a alta acidez potencial (H+Al), demonstrando alta probabilidade de apresentar respostas à correção da acidez. Segundo Prezotti & Guarçoni (2013), geralmente são maiores os valores H+Al encontrados em solo ricos em matéria orgânica e baixos valores de pH. Estatisticamente, podemos avaliar um médio coeficiente de variação para o H + Al, sendo o valor máximo de 20,6 e o mínimo de 1,2  $\text{cmolc dm}^{-3}$ , com média de 5,3  $\text{cmolc dm}^{-3}$ .

Valores baixos de pH estão associados a altos valores de saturação por Al (m%),

ocorrendo a dissolução do Al da estrutura dos minerais para formas trocáveis e altamente fitotóxicas (TIECHER et al., 2016). É importante salientar ainda que, com o aumento do pH, o Al não permanece em solução, mas precipita-se na forma de oxihidróxidos de Al, restando os cátions básicos na solução na forma trocável Novais et al. (2007), sendo que quantidades importantes são absorvidas pelas plantas em solos com utilização agrícola intensiva. Todos os solos contém alumínio em diversas formas ou compostos, o que varia são as formas em que se encontra (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013). O pH do solo influencia as formas de alumínio, sendo que este pode ser alterado através da calagem. A dissociação dos carbonatos de Ca e Mg do calcário liberam  $\text{OH}^-$  para solução do solo, que reage com o  $\text{H}^+$ , formando  $\text{H}_2\text{O}$ , elevando assim o pH, que devido a essa reação, a forma de  $\text{Al}^{3+}$  (tóxica) passa para forma insolúvel de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (não tóxica) (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013).

Nos solos em estudo, a classificação do  $\text{Al}^+$  (Figura 2 - D) referente às amostras avaliadas foi a seguinte: 63% baixo, 30% médio e 7% alto. Para a interpretação dos dados de análises de solo utilizadas como referência, a frequência de 37% para o teor de  $\text{Al}^{3+}$  entre médio e Alto é um indicativo para possíveis danos às raízes das plantas, seguido de redução na produtividade das culturas agrícolas. Quando classificamos apenas o  $\text{Al}^{3+}$  "Alto", notamos um baixo efeito fitotóxico do Al, na grande maioria das amostras de solo das Missões. Porém, quando comparamos esses dados aos da região norte do RS e Sudeste de SC, é possível observar que lá, em apenas 6% das áreas, existe a possibilidade de ocorrerem danos às culturas por fitotoxidez do Al (Médio e Alto) (TIECHER et al., 2016). A classificação do coeficiente de variação do alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), conforme (WARRICK & NIELSEN, 1980), foi de alta variação, oscilando entre 0 e 4  $\text{cmolc dm}^{-3}$ , com média de 0,3  $\text{cmolc/dm}^3$ .

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), para o diagnóstico da acidez do solo é preciso relacionar os valores de pH em água, a porcentagem da saturação da  $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$  por bases e a saturação da  $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$  por alumínio. Essa relação pH e saturação por alumínio é inversamente proporcional, pois quando temos valores de pH altos (> 6,0) a saturação por alumínio é muito baixa (< 1%) CQFS-RS/SC, (2004). Para os solos referentes as amostras avaliadas no presente trabalho, a saturação por alumínio (Figura 2 – E) é de 46% (muito baixa), 40% (baixa) e 7% (médio) e também 7% (alto), esses dados demonstram que parte do ambiente está adequando para o crescimento radicular.

Para solos com pH acima de 5,5, a saturação por alumínio (m) tende a se aproximar de zero, e o Al encontra-se em formas precipitadas (pouco solúveis), não tóxicas às plantas (TIECHER et al., 2016), o que nos possibilita dizer que, para grande parte das amostras avaliadas o Al encontram-se precipitado, não causando efeitos fitotóxicos. Assim como os teores de alumínio trocável, a saturação por alumínio apresentou alto coeficiente de variação (WARRICK & NIELSEN, 1980), variando entre 0 e 80%, com média de 4,8%.

Assim, a Agricultura de Precisão, que por sua vez, vem tornando o processo de produção no campo mais eficiente para aumentar o desempenho tanto qualitativo como quantitativo de forma expressiva Embrapa (2019), pode ser uma importante aliada para maior aperfeiçoamento na correção da acidez dos solos da região em estudo.

Considerando que as amostras apresentam diferentes composições na fase sólida, são encontradas magnitudes distintas de poder tampão, portanto a recomendação de calagem foi realizada utilizando o índice SMP (pH SMP), para solos com alto poder tampão ou a equação polinomial, quando em solos com baixo poder tampão. Tendo como referencial a elevação do pH para 6,0, padrão para a cultura da soja, a área de efetivo plantio descrita no cadastro da amostra e um calcário com poder de neutralização (PRNT) de 70%, o mais frequente na região de estudo, a

demanda total por calcário foi de 552.577,8 t, perfazendo uma média de 5,9 t.ha<sup>-1</sup>.

#### 4 CONCLUSÃO

A acidez natural dos solos foi mitigada na maioria das áreas de produção agrícola avaliadas, na região das Missões, RS. Porém, ainda existem condições de média a alta acidez potencial (H+Al), o que demonstra alta probabilidade de respostas à calagem.

A demanda por calcário (PRNT de 70%) para as áreas de estudo foi de 552.577,8 t, com média de 5,9 t.ha<sup>-1</sup>. Além disso, os dados podem contribuir para uma previsão de produtividade de determinadas safras na região das Missões – RS.

#### REFERÊNCIAS

COSTA, L.M; DRESCHER, M. S. **Implications of agricultural management on the epigeic fauna and soil physical properties of a clayey Oxisol**. Rev. Ceres, Viçosa, v. 65, n.5, p. 443-449, set/out, 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2018000500443](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2018000500443). Acesso em: 27 de maio de 2019.

CQFS- RS/SC (2004). **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC.

CQFS- RS/SC (2016). **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Disponível em: Acesso em: 13 de março de 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia na Agricultura**. Notícia. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30015917/artigo-a-tecnologia-na-agricultura>. Acesso em: 26 de maio de 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Automação e Agricultura de Precisão**. Espaço temático. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>. Acesso em: 16 de setembro de 2019.

FIORIN, J. E. **O estado da arte da acidez do solo no Rio Grande do Sul**. Boletim Técnico 59. CGL Pesquisa e Tecnologia. Cruz Alta – RS. 2018. Disponível em: <https://rolas.cnpt.embrapa.br/publico/pVerCadastroCompletoLaboratorio?idLaboratorio=74>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro do Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. B.; NEVES, J.C. L. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa-MG. p.

1.015. 2007.

RIO GRANDE DO SUL. **Governo do Estado do Rio Grande do Sul – Geografia**. 2019. Disponível em: Acesso: 15 de maio de 2019.

RODRIGUES, C. L.; ZIEGEIMANN, P. K. **Metanálise: um guia prático**. Departamento de Estatística. Instituto de Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/16571>. Acesso: em 16 de Setembro de 2019.

TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; PERETTO, É. J. S.; FINK, J. R.; SANTOS, L. S.; DENARDIN, L. G.O.; TIECHER, T. L. **Evolução e estado da fertilidade do solo no norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina**. Editora UFRGS. Porto Alegre-RS. p. 53. 2016.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. INCAPER, Vitória- ES. 2013.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D. (Ed.) *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980.

## DISTRIBUIÇÃO INTRAPLANTA DE NOCTUÍDEOS EM SOJA

### *Intraplant distribution of Noctuids in Soybean*

Carolina Pereira Vincensi<sup>1</sup>, Felipe Prates<sup>1</sup>, Mauricio Paulo Batistella Pasini<sup>1</sup>, Eduardo Engel<sup>2</sup>,  
Lara Moreira Souza<sup>1</sup>, Valentina Minuzzi<sup>1</sup>, Camila Masiero<sup>1</sup>, Rafaela Muraro<sup>1</sup>, Dionatan  
Manfio<sup>1</sup>, Guilherme Bronzatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ, Rodovia Municipal Jacob Della Méa, km 5.6 - Parada Benito  
CEP 98005-972, Cruz Alta - Rio Grande do Sul, Brasil. **E-mail:** carol.vincensi@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de  
Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

### RESUMO

Conhecer a distribuição da lagarta ao longo da planta de soja é um fator determinante para o sucesso no Manejo Integrado de Pragas. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a densidade populacional de lagartas da família Noctuidae em diferentes estratos da planta de soja. O trabalho foi conduzido na Área Experimental da Universidade de Cruz Alta durante a safra 2018/2019. Plantas de soja foram subdivididas em três estratos (terço superior, médio e inferior) e avaliadas em diferentes horários do dia. Os dados da densidade populacional de lagartas em cada estrato foram submetidos a análise estatística. Foram identificadas as lagartas, *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera cosmioides*, *Helicoverpa armígera* e *Anticarsia gemmatalis*. Verificamos que em horários amenos as lagartas tendem a posicionar-se nos estratos médio e superior, em horários mais quentes verificou-se maior densidade no estrato inferior.

**Palavras-chave:** Noctuídeos. Intraplanta. Distribuição.

### ABSTRACT

To know the distribution of caterpillars in the long of plant of soybean is a determining factor for success in Integrated Pest Management (Soybean-IPM). Therefore, the objective of this work was measuring the density population on caterpillars of family noctuidea in different parts of soybean. The research was conducted in experimental area of Cruz Alta University, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brazil during the season 2018/2019. Plants of soybean were classified in tree sectors (lower third, middle third and upper third) and assessed in different hour of days. The data of density population of caterpillar in each sector was subjected to statistical analysis. Were identified the caterpillars *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera cosmioides*, *Helicoverpa armígera* e *Anticarsia gemmatalis*. We check than the warm hour, the caterpillars are in middle third and upper third, and in hour hotter, we verify most density in the lower third.

**Keywords:** Noctuoidea, Interplant, Deployment.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja representa mais de cinco milhões de hectares no Estado do Rio Grande do Sul, sendo a principal cultura de ciclo anual em área cultivada e impacto econômico. Não diferente, no Brasil se insere como principal commodity, sendo um dos principais fatores que influenciam a balança comercial e valorização brasileira a nível mundial, já que é a segunda



maior potência produtiva de soja, perdendo apenas para os Estados Unidos (CONAB, 2018).

Na cultura, a produtividade está associada a mais de cem fatores que se inter-relacionam, onde a soma dos mesmos é traduzida em eficiência produtiva (VAN ROEKEL, et al., 2015). Embora para a cultura passem dos três milhões de trabalhos científicos publicados, bem como, é amplo o conhecimento pela cadeia produtiva, é constante a necessidade de buscar novas informações, principalmente pela rápida mudança dos fatores a que a cultura é submetida: seja eles de escala ambiental, fitossanitária, tecnológica, genética, dentre outros.

Um dos fatores que mais compromete a produtividade da cultura é o Fitossanitário, sendo este, uma das variáveis que não só compromete a eficiência produtiva, mas a econômica, representando hoje mais de 30% do custo de produção (SENTELHAS, et al. 2015). Entre as variáveis de ordem fitossanitária, os insetos fitófagos correspondem a uma parcela representativa nas perdas, impactando diretamente e indiretamente a produtividade da cultura.

Dentre as pragas que correspondem ao maior dano econômico na cultura da soja, podemos dar ênfase as espécies pertencentes a família dos Noctuídeos, provindos da ordem dos Lepidópteros. Esses insetos se alimentam geralmente de uma parte foliar das plantas, utilizando de seu aparelho bucal tipo mastigador para realizar a coleta do alimento, afetando assim a planta hospedeira (EMBRAPA, 2000), causando danos, que são refletidos na redução da produtividade da área, já que reduzem a superfície de absorção da planta.

No cultivo, as principais lagartas presentes durante o ciclo são *Chrysodeixis includens* (Walker, 1821), *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmioides* (Walker), *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Anticarsia gemnatalis* (Hübner, 1818). De maneira geral, os noctuídeos são capazes de reduzir a área foliar em até 90% se não bem manejadas, mostrando então seu potencial. O ataque destes ocorre em diferentes terços da planta, pendente muito do horário, já que em temperaturas altas, esporadicamente suportam terços mais altos da planta.

Diante disso, o trabalho teve por objetivo identificar e quantificar a distribuição intraplanta de noctuídeos em função da luminosidade diária na cultura da soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Área Experimental da Universidade de Cruz Alta (Figura 1), (Fuso 22, 244138; 6835737 UTM), Cruz Alta, RS, Brasil, clima de acordo com Koppen e Geier do tipo Cfa, em área com um hectare, com a cultura da soja, durante a safra de 2018/2019, cultivada sob as recomendações técnicas com exceção para aplicação de inseticidas, a qual não foi executada.

O experimento teve diferentes horários de observação diária, sendo 6 (00:00, 04:00, 08:00, 12:00, 16:00, 20:00), sendo realizada em 20 plantas de soja coletadas em diferentes estádios vegetativos aleatoriamente na parcela, com uma alta taxa de infestação de lagartas, sendo separadas por espécie, onde foram submetidas a contagem e após calculado a porcentagem de indivíduos presente no terço superior, mediano e inferior da planta.

Figura 1 – Área Experimental da Universidade de Cruz Alta.

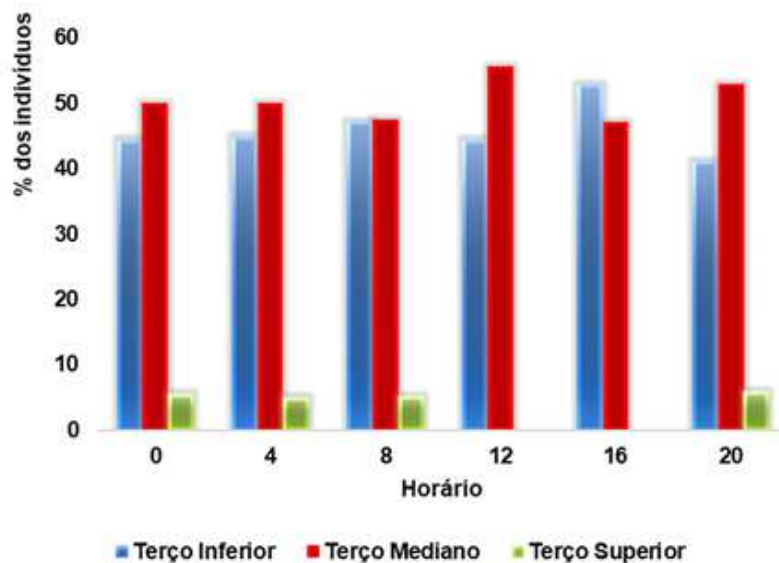


### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na pesquisa foram encontradas elevadas densidades populacionais de lagartas, permitindo a análise de dados. Sendo que, cada lagarta demonstrou características diferentes quanto aos horários e distribuições intraplanta. Esses resultados mostram a forma como esses organismos se dispersam e evidenciam as formas como os noctuídeos infestam a área de cultivo e em quais horários podemos encontrá-los e identificá-los na planta de soja.

Na figura 2, em média a lagarta *C. includens* apresentou maior porcentagem de indivíduos no terço mediano da planta de soja, não havendo muita diferença na quantidade de indivíduos conforme os horários.

Figura 2 – Porcentagem de indivíduos da lagarta falsa-medideira (*C. includens*) intraplanta de soja em função do horário do dia. Área Experimental, Unicruz, 2018.

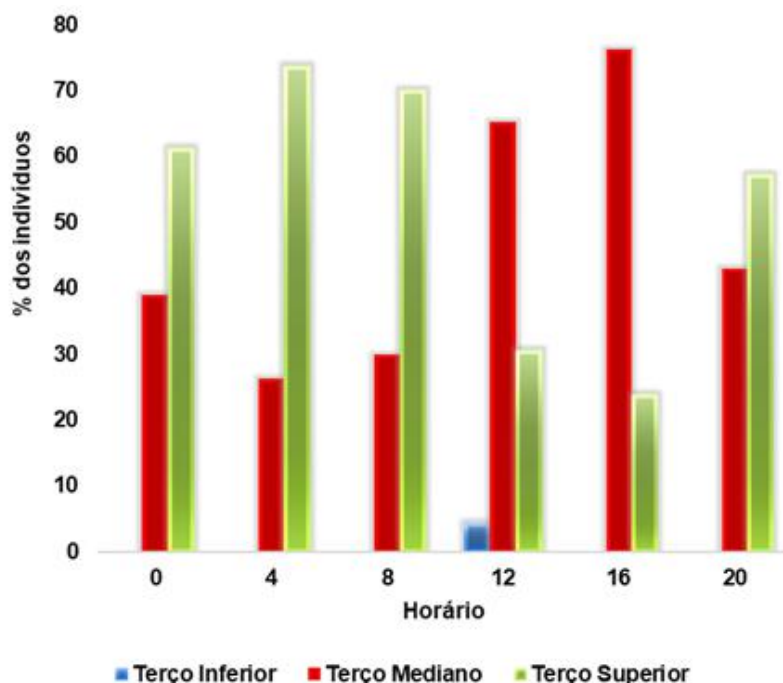


Houve presença, também, no terço inferior da planta, sem diferença estatística da posição do inseto na planta em relação aos diferentes horários do dia. Praticamente não foram encontradas lagartas no terço superior. Por ser uma praga de difícil controle e apresentar alto

potencial de danos, estudos sobre sua distribuição na cultura da soja e comportamento da população devem ser realizados visando a efetuação de um programa de manejo mais adequado para essa praga. (ZULIN, 2016)

Na figura 3, são apresentadas as distribuições intraplanta da *S. frugiperda* que obteve maior variação durante o dia, sendo que as maiores densidades populacionais serão encontradas nos terços superior e mediano. No terço inferior houve uma pequena porcentagem de população as doze horas. Isso ocorreu por ser característica dessa lagarta ficar mais exposta na planta.

Figura 3 – Porcentagem de indivíduos da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*) intraplanta de soja em função do horário do dia. Área Experimental, Unicruz, 2018.



Na figura 4, apresentam-se as distribuições intraplanta da lagarta-preta *S. eridania*, que foi encontrada em todos os horários e com grandes quantidades de indivíduos no terço mediano da planta de soja e não houve diferença de população entre o terço inferior e superior, mas houve diferença no horário de distribuição desses insetos na planta.

Na figura 5, pode-se perceber que, conforme a distribuição intraplanta da *S. cosmíodes*, obteve-se maior incidência desta lagarta no terço mediano da planta durante todo o dia, no terço inferior houve uma pequena presença de população as dezesseis horas, enquanto no terço superior consegue-se encontrar populações durante todo o dia, mas com menor incidência que no terço mediano.

Figura 4 – Porcentagem de indivíduos da lagarta-preta (*S. eridania*) intraplanta de soja em função do horário do dia. Área Experimental, Unicruz, 2018.

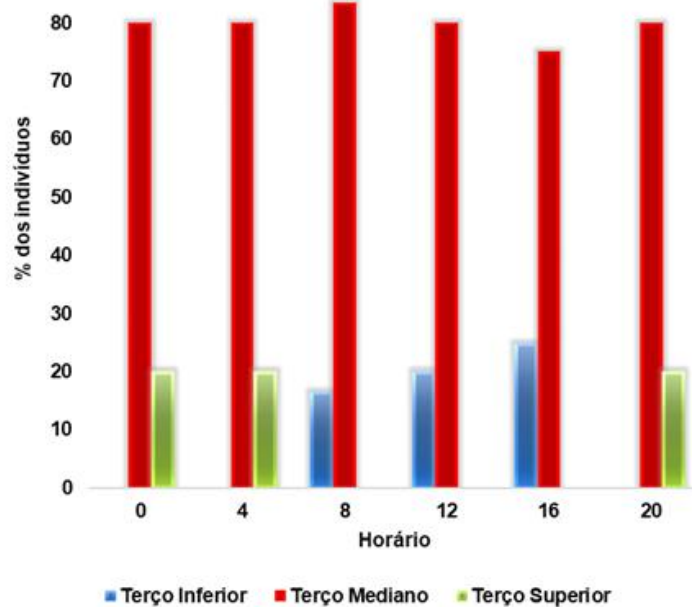
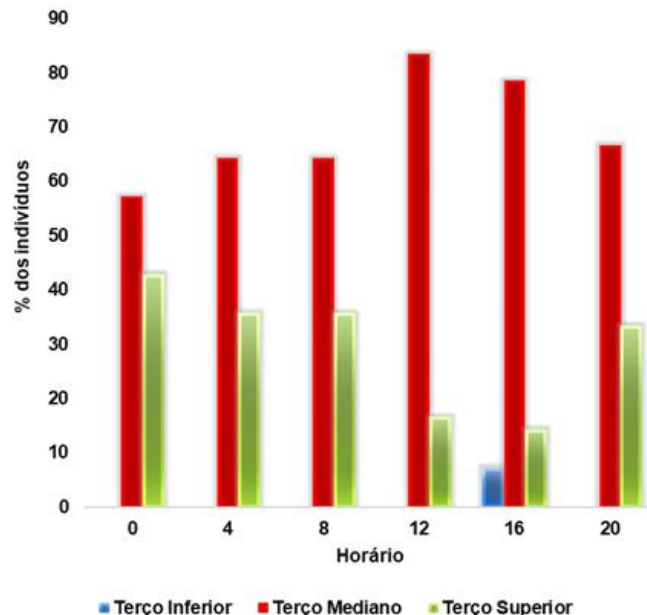


Figura 5 – Porcentagem de indivíduos da lagarta-preta (*S. cosmioides*) intraplanta de soja em função do horário do dia. Área Experimental, Unicruz, 2018.



Na figura 6, encontra-se maior porcentagem da lagarta *H. armigera* no terço mediano da planta, percebe-se também que no terço inferior esta lagarta permanece em pouca quantidade durante o dia e durante a noite há maior preferência em permanecer, principalmente, no terço mediano da planta, mas também, no terço superior em menor porcentagem.

Na figura 7, percebe-se que a *A. gemmatilis* durante os horários com maior incidência

solar permanece no terço mediano da planta indicando que, como alguns insetos, procure abrigo do sol já que nos horários menos quentes ela permanece no terço superior. No terço inferior, há apenas uma pequena porcentagem do indivíduo as dezesseis horas.

Figura 6 – Porcentagem de indivíduos da lagarta-helicoverpa (*H. armigera*) intraplanta de soja em função do horário do dia. Área Experimental, Unicruz, 2018.

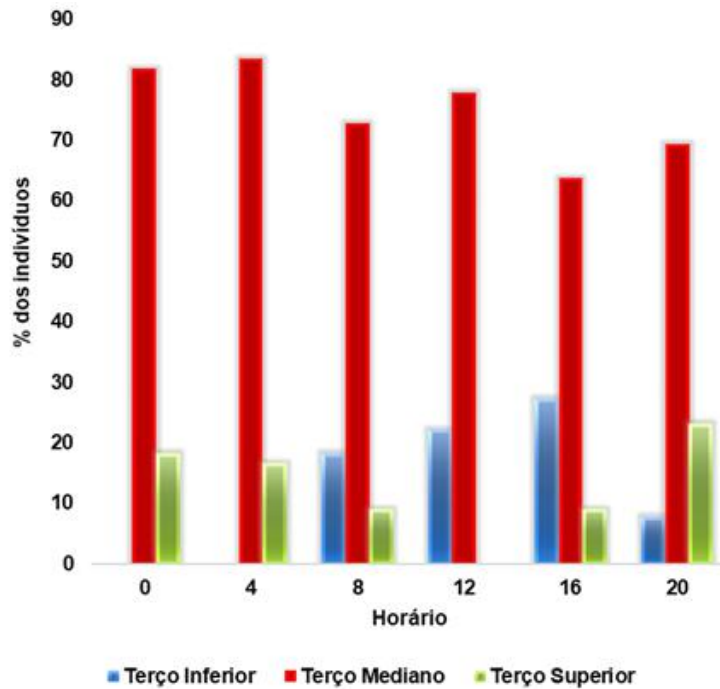
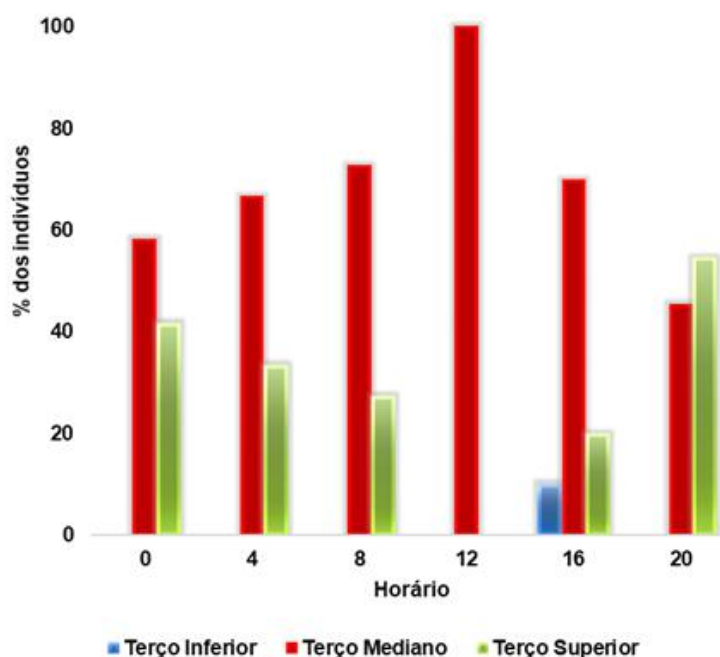


Figura 7 – Porcentagem de indivíduos da lagarta-da-soja (*A. gemmatilis*) intraplanta de soja em função do horário do dia. Área Experimental, Unicruz, 2018.



A influência do conhecimento do posicionamento do inseto na tomada de decisão está essencialmente ligada a um bom manejo, tendo determinados dados, pode-se trabalhar em cima deles fornecendo uma orientação para uma possível tomada de decisão. A agricultura de precisão é um dos meios de produção de dados no local para orientar a tomada de decisão e, assim, gerenciar o cultivo de culturas para obter melhor rendimento e qualidade (Leonard, 2016), indicando então a suma importância do conhecimento gerado através da população intraplanta dos noctuídeos na cultura da soja.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo, percebe-se que praticamente todas as lagartas possuem preferência de permanecerem durante todo o dia no terço mediano da planta de soja, havendo algumas diferenças de posições desses indivíduos na planta conforme o horário e incidência de raios solares.

#### REFERÊNCIAS

VAN ROEKEL, R.J.; PURCELL, L.C.; SALMERÓN, M. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**, v. 182, p. 86-97, 2015.

SENTELHAS, P.C. et al. The soybean yield gap in Brazil—magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **The journal of agricultural science**, v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 2015.

SPECHT, Alexandre et al. Noctuídeos (Lepidoptera, Noctuidae) coletados em quatro áreas estaduais de conservação do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 1, p. 130-140, 2005.

ANDREWS, Keith L. Latin american research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida entomologist**, p. 630-653, 1988.

## EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE CÁLCIO NA DISPERSÃO DE ARGILA EM UM LATOSSOLO DE TEXTURA ARGILOSA

### *Effects of calcium oxide application in the clay dispersion in an Oxisol with clayey texture*

Maria Heloisa Batistti Baptistella<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>, Marcieli Piccin<sup>3</sup>, Vinícius Freitas Pedron<sup>4</sup>, Gustavo Henrique dos Santos<sup>5</sup>, Djeferson José de Oliveira Batista<sup>6</sup>  
<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, Santa Maria – RS, Brasil, CEP: 97105-900, E-mail: [mheloisabb@hotmail.com](mailto:mheloisabb@hotmail.com), [florestatel@hotmail.com](mailto:florestatel@hotmail.com), [marcielipiccin@hotmail.com](mailto:marcielipiccin@hotmail.com), [pedron.vinicius@hotmail.com](mailto:pedron.vinicius@hotmail.com), [gh.santos2012@hotmail.com](mailto:gh.santos2012@hotmail.com), [djejose@hotmail.com](mailto:djejose@hotmail.com)

### RESUMO

De acordo com as premissas do sistema plantio direto, a correção da acidez do solo é fundamentada na aplicação superficial de calcário. No entanto, a necessidade de elevadas doses desse corretivo espaçadas em curtos períodos de tempo, torna imprescindível o estudo de novas estratégias para a melhoria dos atributos da acidez do solo. O óxido de cálcio é uma base forte, com maior solubilidade, PRNT e concentração de cálcio em relação ao calcário, podendo consistir em uma ferramenta eficiente nesse sentido. Alguns estudos reportam o efeito da aplicação de superdoses de calcário sobre o grau de dispersão da argila do solo. Neste contexto, esse estudo teve como objetivo investigar se a aplicação de óxido de cálcio como corretivo da acidez do solo afeta a dispersão de argila de um Latossolo de textura argilosa. Os tratamentos foram constituídos pela testemunha e doses de óxido de cálcio de 2, 4, 6, 8 e 12 Mg ha<sup>-1</sup> aplicadas na superfície do solo. Os resultados apontam que a aplicação desse corretivo não afetou significativamente ( $p < 0,05$ ) a dispersão de argila do solo nas profundidades avaliadas.

**Palavras-chave:** Dispersão de argila. Sistema plantio direto. Óxido de cálcio.

### ABSTRACT

According to no-till premises, the acidity correction of the soil is based on the surface application of limestone. However, the needed for high doses of limestone spread over short periods make essential the study of new strategies to improve the soil acidity attributes. Thus, the calcium oxide is a strong base, with high solubility, RPTN and calcium concentration relate to limestone and may be an efficient tool. Some studies reported overdose limestone application effects associated with clay dispersion degree in the soil. Hence, the objective of this study was to investigate if the calcium oxide application as a soil acidity corrective affects the clay dispersion of an Oxisol of clayey texture. The treatments were control and five calcium oxide doses (2, 4, 6, 8 and 12 Mg ha<sup>-1</sup>) applied on the soil surface. The main outcome of this study is a non-significant effect of the calcium oxide application in the clay dispersion in the evaluated depths.

**Keywords:** Clay dispersion. No-till system. Calcium oxide.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, em torno de 32 milhões de hectares estão sendo manejados sob sistema plantio direto (SPD) no Brasil (MOTTER; ALMEIDA, 2015). Este sistema de manejo é baseado em três premissas: a ausência de preparo do solo, a manutenção de cobertura sobre o solo por todo o ano e a rotação de culturas. Os Latossolos constituem a principal ordem de solos manejados sob SPD no Brasil, os quais geralmente possuem elevado teor de argila em seu perfil. Naturalmente,

estes solos possuem elevada acidez e reduzida quantidade de bases trocáveis, evidenciando a necessidade da aplicação de corretivos e fertilizantes de forma adequada. De acordo com Lima et al. (2017), a redução dos teores de cálcio e magnésio do solo culmina em um aumento substancial de toxidez por alumínio, ou seja, cria uma condição desfavorável para o desenvolvimento radicular da planta.

A correção da acidez do solo no SPD é fundamentalmente baseada na aplicação de calcário em superfície, sendo que nas áreas manejadas com agricultura de precisão, a aplicação desse corretivo é realizada em taxa variável de acordo com o mapa de aplicação do mesmo. Contudo, algumas áreas das propriedades exigem elevadas doses em reduzidos intervalos de tempo. A aplicação do calcário pode afetar as propriedades químicas (DE VARGAS et al., 2019) e físicas do solo. De acordo com Spera et al. (2008) e Bortoluzzi et al. (2008), a aplicação de superdosagens de calcário pode causar a dispersão de argila do perfil do solo devido à alteração da espessura da dupla camada difusa (DCD) em função do incremento do valor de pH e neutralização do Al trocável do solo. De acordo com Alcarde (2005) o conteúdo de CaO e MgO do calcário aplicado também pode afetar o grau de dispersão da argila do solo.

Novas estratégias para a redução da acidez do solo que possuam efeito mais rápido e eficiente, como o uso de óxido de cálcio (CaO), podem consistir em alternativas eficazes, pois esse corretivo é considerado uma base forte e possui PRNT de aproximadamente 175%. Santinato et al. (2014) observaram que o óxido de Ca pode substituir o uso de calcário e pode reduzir em até quatro vezes a dose do mesmo, sem que haja prejuízo na produtividade.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar se a aplicação de óxido de cálcio como corretivo do solo afeta a dispersão de argila de um Latossolo de textura argilosa manejado sob SPD de longa duração.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

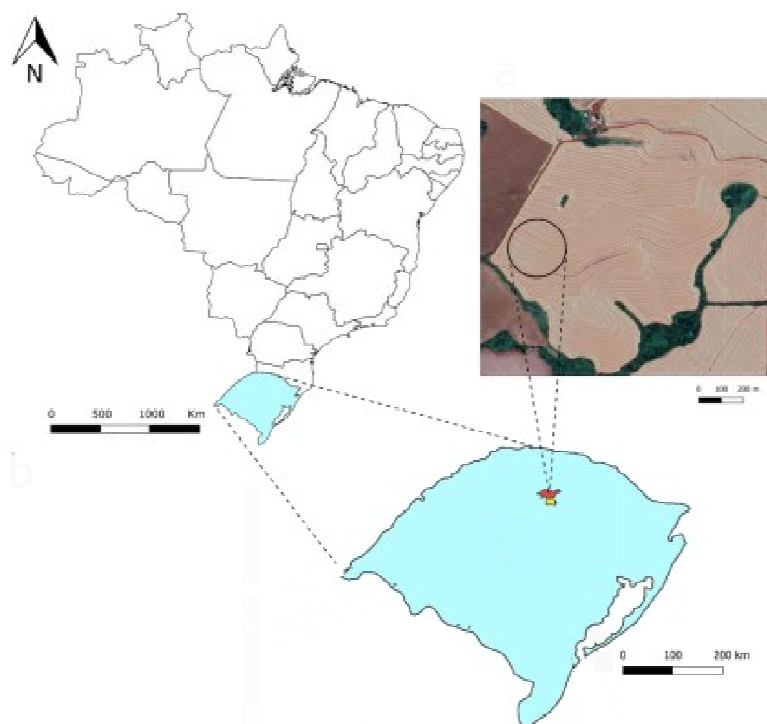
O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2018) no município de Carazinho (28°14'29"S e 52°40'20"W), norte do Rio Grande do Sul (Figura 1). O clima da região, de acordo Köppen (1938) é do tipo Cfa (subtropical úmido) com precipitação anual da região de 1821 mm.

A área experimental vinha sendo cultivada sob SPD por aproximadamente 20 anos e pertencia à um ambiente de manejo de alta produtividade em uma lavoura comercial, na qual, durante o verão, era cultivada com a cultura da soja (*Glycine max* L.) e, no inverno, com a cobertura de aveia (*Avena sativa*). A correção da acidez do solo era realizada com doses de 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT de 75%, espaçadas em intervalos de 5 a 8 anos. Na tabela 1 estão descritos as propriedades químicas e o teor de argila do solo anteriormente à aplicação dos tratamentos.

Após a colheita da soja, foram aplicadas na superfície do solo doses de óxido de cálcio (0, 2, 4, 6, 8 e 12 Mg ha<sup>-1</sup>) com o objetivo de causar perturbações nos valores de pH do solo. O óxido de cálcio utilizado era o Oxyfertil 6030 e, de acordo com o fabricante, possuía 60% de CaO, 30% de MgO e PRNT de 175%. O design experimental foi de blocos ao acaso com três repetições e cada parcela possuía 4 m de largura por 15 m de comprimento.



Figura 1. Localização da área experimental.



Fonte: o autor.

Tabela 1. Caracterização da área experimental.

Prof	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	CTC	P	V	m	Argila
(cm)	(H <sub>2</sub> O)	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					mg	mg	----- (%) -----		
		-----					dm <sup>-3</sup>	dm <sup>-3</sup>			
0-5	5.46	0.1 0	2.97	7.95	5.23	0.58	13.8 6	28.69	82.2 1	0.72	27,12
5-10	5.24	0.1 7	5.56	5.66	4.13	0.42	10.3 7	15.88	64.6 9	1.68	32,69
10- 20	5.04	0.3 5	6.37	4.91	3.71	0.19	9.16	8.39	58.0 3	3.97	36,90
20- 30	4.88	0.5 0	6.86	3.74	3.27	0.08	7.58	2.85	51.2 6	6.72	42,02
30- 40	4.74	0.6 5	7.10	2.87	3.22	0.08	6.82	2.09	46.7 2	9.72	43,87
40- 60	4.68	0.8 0	6.67	2.63	3.20	0.07	6.70	2.40	46.9 8	11.9 3	48,35

Prof. – profundidade; Al – alumínio; H+Al – acidez potencial; Ca – cálcio; Mg – magnésio; K – potássio; CTC – capacidade de troca de cátions; P – fósforo; V – saturação por bases e m – saturação por alumínio.

A coleta de solo foi realizada após 8 meses da aplicação dos tratamentos de forma estratificada nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm, com o uso de um perfurador de solo que realizava aberturas no solo de 0,3 x 0,3 x 0,6 m. As amostras de solo foram coletadas com uma espátula na parede frontal da trincheira e posteriormente secas em estufas de ventilação forçada. Após a secagem, as amostras foram manipuladas visando a retirada de raízes e resíduos de plantas. A determinação do teor de argila das amostras foi realizada através da metodologia proposta pela Embrapa (2017).

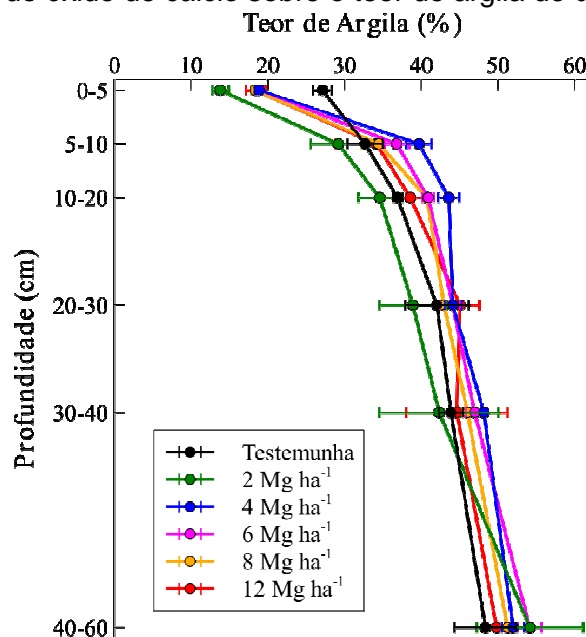
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de significância, utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, é possível observar que, principalmente abaixo de 10 cm, há um declínio da qualidade química do solo estudado, evidenciado pela redução do pH, incremento da saturação por alumínio e redução dos teores de cálcio e magnésio do solo, os quais divergem dos limites propostos pela CQFS-RS/SC (2016). Estas condições da subsuperfície evidenciam a necessidade da amostragem, sobretudo nas camadas subsuperficiais (0,10-0,20 m ou 0,20-0,40 m) a exemplo do que é feito atualmente na agricultura de precisão (SCHWALBERT et al., 2014). Estas limitações da subsuperfície apontam a necessidade da aplicação de corretivos no solo capazes de atenuá-las, pois estas prejudicam o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a produtividade das culturas (ALLEONI; CAMBRI; CAIRES, 2005).

Na figura 2, é possível observar que a aplicação de diferentes doses de óxido de cálcio não alterou o teor de argila ( $p < 0,05$ ) em todas as camadas analisadas após 8 meses da aplicação.

Figura 2. Efeito das doses de óxido de cálcio sobre o teor de argila de um Latossolo sob SPD.



Fonte: o autor.

Este resultado difere do observado por Spera et al. (2008), que após 18 meses da aplicação de doses de calcário em um Latossolo Vermelho Distrófico típico e por Machado, de Melo e Tavares Filho (2017), após 12 meses da aplicação de calcário dolomítico na mesma classe de solo. Segundo Spera et al. (2008), este resultado pode ser atribuído ao elevado PRNT do óxido de cálcio, possibilitando a rápida neutralização do  $Al^{+3}$  e substituição desse cátion por  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  no complexo de troca. De acordo com Alves et al. (2015), um solo que apresentar menor quantidade de argila dispersa, será um solo melhor estruturado, uma vez que a argila dispersa pode tornar o solo mais suscetível à compactação.

É possível sugerir, como complemento deste trabalho, o monitoramento temporal do teor de argila do solo após a aplicação do óxido de cálcio, sobretudo em áreas com agricultura de precisão, a fim de analisar o efeito deste corretivo na textura do solo no longo prazo, uma vez que houve divergências com os resultados encontrados por Spera et al. (2008) e por Machado, de Melo e Tavares Filho (2017).

#### 4 CONCLUSÕES

A partir da realização deste estudo, pode-se concluir que a aplicação de diferentes doses (inclusive superdosagens) de óxido de cálcio na superfície de um Latossolo Vermelho Distrófico típico de textura argilosa não afeta significativamente o teor de argila do perfil do mesmo. Esse resultado pode ser benéfico em áreas com agricultura de precisão, nas quais as taxas de aplicação de calcário ou outros corretivos podem ser elevadas, devido à heterogeneidade existente nas lavouras.

#### REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas por J. C. Alcarde**. ANDA. São Paulo: ANDA, 2005. (ANDA, Boletim técnico, 6).

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 923–934, 2005.

ALVES, A. S. Flocculação e dispersão da argila em solos cultivados com Eucalipto. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal – RN, **Anais...** Natal – RN: Centro de convenções, 2015.

BORTOLUZZI, E. C. et al. Efeito da calagem na relação entre solo e água. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 32, número especial, p. 2621-2628, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11<sup>a</sup>.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016.

DE VARGAS, J. P. R. et al. Application forms and types of soil acidity corrective: Changes in depth

chemical attributes in long term period experiment. **Soil & Tillage Research**, v. 185, n. 1, p. 47-60, 2019.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5ª. ed. Brasília: Embrapa - CNPS; 2018.

KÖPPEN, W. P. **Das geographic system der climate**. In: W. Köppen and R. Geiger, editors, *Handbuch der Klimatologie*. C.G. Borntrager, Berlin. 1938. p. 1-44.

LIMA, E. DE S. et al. Variabilidade espacial das propriedades dendrométricas do eucalipto e atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n.1, p. 1-11, 2017.

MACHADO, W.; De MELO, T. R.; TAVARES FILHO, J. Clay dispersion and loss in Oxisol treated with different concentrations of limestone. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3907-3914, 2017.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. De E. **Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Embrapa Gado de Leite, 2015, 144p.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <https://www.r-project.org/>

SANTINATO, R. et al. Determinação de doses da cal dolomítica oxyfertil (60% CaO + 30% MgO, PRNT 160%) em relação ao calcário dolomítico (28% CaO + 14,5% MgO, PRNT 82%) na correção do solo de cerrado em lavoura de café. In: 40º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, Serra Negra – SP, **Anais...** Serra Negra – SP, 2014.

SCHWALBERT, R. A. et al. Zonas de manejo: atributos de solo e planta visando a sua delimitação e aplicações na agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, v. 2, p. 21-32, 2014.

SPERA, S. T. et al. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, número especial, p. 2613-2620, 2008.

## TOMADA DE DECISÃO DE NOCTUÍDEOS EM FUNÇÃO DA CULTIVAR DE SOJA

### DECISION-MAKING OF NOCTUIDS FOR SOY CULTIVAR

Rafaela da Silva Muraro<sup>1</sup>, Maurício Paulo Batistella Pasini<sup>1</sup>, Guilherme Rodrigues Santos<sup>1</sup>  
Lara Moreira Souza<sup>1</sup>, Felipe Prates<sup>1</sup>, Eduardo Engel<sup>2</sup>, Nadiel Kist<sup>1</sup> Valentina Minuzzi<sup>1</sup>,  
Camila Masiero<sup>1</sup>, Carolina Vicensi<sup>1</sup> Sabrina Lago Dalla Nora<sup>1</sup> Bruna Aparecida Haas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, Rodovia Municipal Jacob Della Méa, km 5.6 - Parada Benito,  
CEP 98005-972, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: e-mail: raffa-muraro@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

### RESUMO

O trabalho teve por objetivo identificar e quantificar a densidade populacional de noctuídeos em função da cultivar de soja nos diferentes estádios de desenvolvimento. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade de Cruz Alta, foram implantadas 20 cultivares de soja em uma área de 100m<sup>2</sup> para cada variedade, foram avaliados 8 estádios de desenvolvimento da cultura, totalizando 160 tratamentos. Para determinação do número de indivíduos realizou-se uma média de 10 plantas, dos insetos presentes no trifólio superior, e trifólio superior -3. Os resultados foram submetidos à análise de Variância com 5% de probabilidade de erro, seguida de teste de Scott-Knott. Verificou-se que um comportamento variável entre as espécies de lagartas amostradas em função do estágio fenológico da planta para, *C. includens* e *S. cosmioides* apresentaram crescimento populacional a partir do estágio V8 após isso ocorreu um decréscimo. Os noctuídeos demonstraram preferência alimentar para todas as cultivares testadas, porém as que apresentavam tecnologia Bt (*Bacillus thuringiensis*) reduziram a densidade populacional das espécies *C. includens* e da *A. gemmatalis*, apresentando uma eficiência de controle por meio dessa tecnologia.

**Palavras-chave:** Produção. Insetos-praga. *Glycine max*.

### ABSTRACT

The objective of this work was to identify and quantify noctuid population density as a function of soybean cultivar in different developmental stages. The experiment was conducted in the experimental area of the University of Cruz Alta. Twenty soybean cultivars were implanted in an area of 100m<sup>2</sup> for each variety. 8 stages of culture development were evaluated, totaling 160 treatments. To determine the number of individuals, an average of 10 plants was carried out from the insects present in the upper trifolium and upper trifolium -3. The results were submitted to analysis of variance with 5% probability of error, followed by Scott-Knott test. It was verified that a variable behavior among the caterpillar species sampled as a function of the phenological stage of the plant for *C. includens* and *S. cosmioides* showed a population growth from the V8 stage. Noctuids showed food preference for all cultivars tested, but those with Bt (*Bacillus thuringiensis*) technology reduced the population density of *C. includens* and *A. gemmatalis* species, presenting a control efficiency through this technology.

**Keywords:** Production. Pest insects. *Glycine max*.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura está passando por grandes transformações nos últimos anos e isso se deve a elevada demanda mundial por alimentos que de certa forma acaba promovendo o desenvolvimento tecnológico em países para que consigam alcançar altos tetos de produção, como é o caso do Brasil, por possuir as condições edafoclimáticas adequadas para as mais diversas atividades agrícolas.

No Rio Grande do Sul a produção de grãos é uma das principais atividades exercidas e fonte de riqueza interna para o estado, dentre os cultivos destaca-se a cultura da soja (*Glycine max* L.). A produção de soja no país foi de 115,1 milhões de toneladas e só no RS na safra de 2018/19 o estado utilizou uma área de 5.777,5 milhões hectares para a cultura soja. (CONAB, 2019)

Entre os principais fatores que reduzem a produtividade das lavouras de soja estão às lagartas da família Noctuidae, sendo as principais espécies ocorrentes nessa cultura: *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera cosmioides*, *Helicoverpa armígera* e *Anticarsia gemmatalis* (MOSCARDI, 2012).

Alguns noctúdeos possuem uma ocorrência elevada a ponto de tornarem-se pragas principais como é o caso da *C. includens* e *A. gemmatalis*, já as lagartas do gênero *Spodoptera* também atacam a cultura da soja principalmente *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. frugiperda* pode vir a causar perdas significativas, enquanto que lagartas da espécie *Helicoverpa Armígera* são altamente destrutivas, polífaga e com alta mobilidade (COTA, 2015; EMBRAPA, 2018; BOREGAS, 2013).

Existe uma grande diversidade de cultivares soja disponíveis para o produtor, e a escolha de materiais genéticos mais adaptados pode ser uma alternativa para o incremento de produção, além disso ser uma forma de buscar cultivares que apresentam tecnologias de tolerância a insetos praga. Entre as principais táticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) está o controle genético através do uso de cultivares com tecnologia Bt intacta (MOSCARDI, 2012).

O monitoramento de insetos-praga é elemento fundamental no manejo integrado de insetos-praga sendo pressuposto para tomada de decisão (PASINI, 2016). Desta forma buscamos responder a seguinte hipótese: Há diferenças significativas na densidade populacional de lagartas noctúdeas entre cultivares de soja e seus estádios fenológicos?

A adoção da AP no controle de insetos-praga constitui-se uma alternativa à agricultura tradicional, que atualmente, provoca impactos ambientais e custos desnecessários ao produtor. (SANTI, 2014).

Desta maneira, a agricultura de precisão surge com o objetivo de maximizar a eficiência e eficácia das áreas agrícolas, estudando a variabilidade populacional de insetos praga para tomada de decisão em relação as cultivares avaliadas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar a densidade populacional de noctúdeos em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Área Experimental da Universidade de Cruz Alta (Figura 1), (Fuso 22, 244138; 6835737 UTM), Cruz Alta, RS, Brasil. O clima de acordo com Koppen e Geier é do tipo Cfa. a cultura foi implantada e cultivada sob as recomendações técnicas com exceção para aplicação de inseticidas, a qual não foi executada.

**Figura 1-** Área Experimental da Universidade de Cruz Alta



FONTE: Arquivo área experimental da Universidade de Cruz Alta, 2018/19.

Foi implantado 20 cultivares diferentes de soja, na safra de 2018/19 sendo elas: NS5909 RR, NS5445 IPRO, NS6601 IPRO, NS6909 IPRO, TMG7067 IPRO, TMG7062 IPRO, TMG7063 IPRO, TMG7262 RR, Ativa RR, Lança IPRO, Valente RR, Garra IPRO, 95R51 RR, 95Y52RR, 96Y90RR, BRS6203RR, BRS5601RR, CZ15B92IPRO, CZ16B39LL e Syn1561 IPRO. Realizou-se a avaliação de insetos existentes em 8 estádios de desenvolvimento (V3, V6, V8, R2, R4, R5, R6, R7), totalizando 160 tratamentos (20 cultivares x 8 estádios de desenvolvimento) com 10 repetições. Cada cultivar foi implantada em uma área útil de 100 m<sup>2</sup>, sendo considerado para a análise da densidade populacional a média de 10 plantas, dos insetos presentes no trifólio superior, e trifólio superior -3. Foram avaliadas as populações das lagartas *C. includens*, *S. frugiperda*, *S. eridania*, *S. cosmioides*, *H. armígera* e *A. gemmatalis*, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

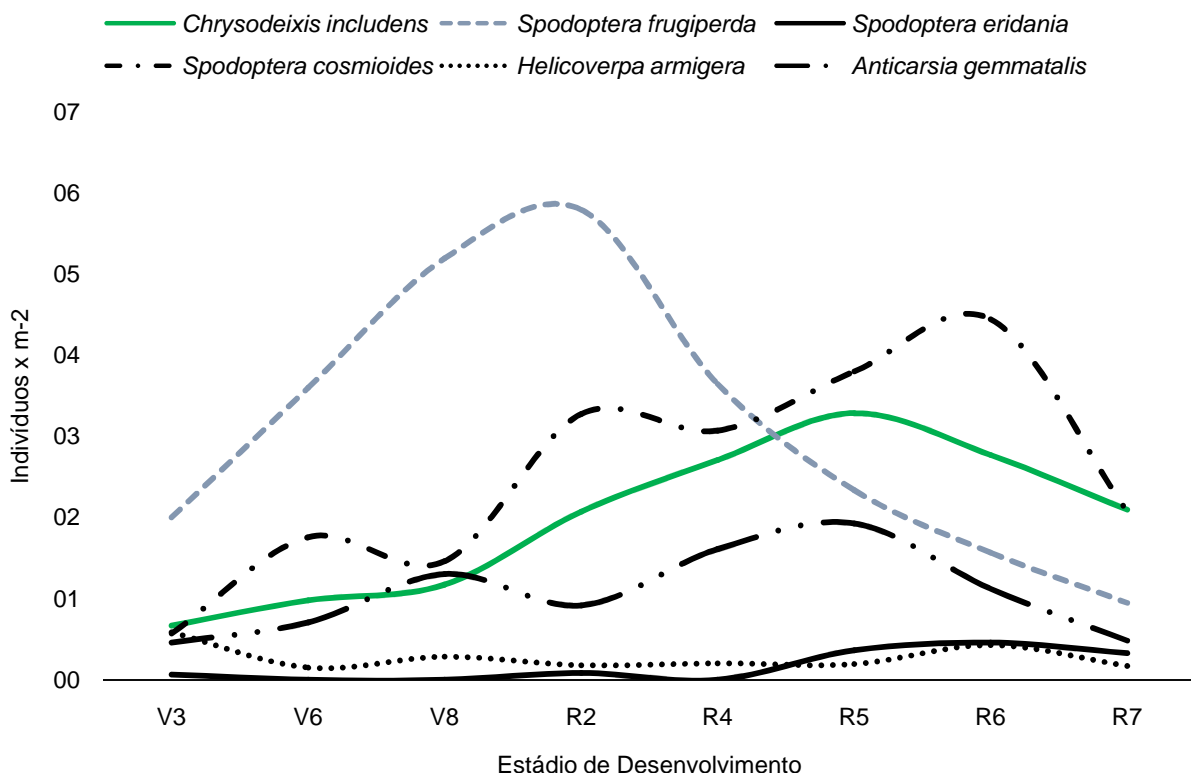
Os dados de insetos foram organizados e submetidos a estatística qualitativa (presença e ausência) e quantitativa (densidade populacional), esta, inicialmente as estatísticas descritivas e posteriormente aos pressupostos do método estatístico e análise. Para a verificação da normalidade dos dados e homogeneidades das variâncias foi aplicado o teste de Anderson-Darling e o teste de Bartlett. Para aqueles que não atenderam os pressupostos foram transformados, pela transformação Box e Cox. Para a comparação das médias entre os tratamentos os dados foram submetidos à Análise de Variância com 5% de probabilidade de erro, seguida de teste de Scott-Knott.

### 3. RESULTADOS

De maneira geral, verificou-se que um comportamento variável entre as espécies de lagartas amostradas em função do estágio fenológico da planta. Entre as espécies, *C. includens* e *S. cosmioides* apresentaram crescimento populacional a partir do estágio V8, ao passo que *S. frugiperda* apresentou um decréscimo populacional a partir deste estágio. Para *A. gemmatalis*, *S. armígera* e *S. eridania* observou-se um comportamento similar entre os estádios de

desenvolvimento como pode ser observado na Figura 2.

**Figura 2** – Densidade populacional das lagartas *C. includens*, *S. frugiperda*, *S. eridania*, *S. cosmioides*, *H. armígera* e *A. gemmatalis* na cultura da soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.



Entre as cultivares avaliadas as maiores infestações da lagarta *C. includens* foram observadas para BMX Ativa RR, 6968 RSF (Valente) e BRS5601 apresentando populações de 5,73; 4,99 e 3,74 lagartas/m<sup>2</sup> respectivamente. Em contrapartida todas as cultivares que possuíam a tecnologia IPRO foram inferiores no ataque da lagarta falsa medideira como pode ser observado na tabela 1, para as cultivares, TMG7067 e TMG7062 com média de 0,09 indivíduos/m<sup>2</sup>.

Observou-se uma população predominante e crescente de *S. frugiperda* no desenvolvimento da cultura chegando até 6 indivíduos por m<sup>2</sup> no estágio R2 (pleno florescimento). Após esse pico de infestação ocorrer, notou-se um decréscimo significativo de indivíduos até o início da maturação fisiológica da soja (R7). Para as diferentes cultivares, uma maior população foi obtida nas cultivares: 95Y52RR, 95R51RR e 96Y90RR totalizando uma média de 5,06; 5,00; e 4,91 indivíduos/m<sup>2</sup> respectivamente, sendo suas maiores populações observadas no estágio R2 e V8 respectivamente, observado na tabela 2.



**Tabela 1** - Densidade populacional da lagarta falsa-medideira (*C. includens*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação								Média no Ciclo
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7	
NS5909	RR	2,1A*	2,1A*	2,3C*	3,6C*	4,2C*	4,9C*	5,1B*	3,4B*	3,46
NS5445	I PRO	0C	1,1B	1,3D	2,1D	2,3D	2,1D	1,2D	1,4C	1,44
NS6601	I PRO	0,2B	0,5B	0,2F	0,8E	2,1D	2D	0,5E	0,2D	0,81
NS6909	I PRO	0C	0C	0G	0F	0E	0,8E	1,3D	0,2D	0,29
TMG7067	I PRO	0C	0C	0G	0,4E	0,3E	0F	0F	0D	0,09
TMG7062	I PRO	0C	0C	0,2F	0F	0E	0F	0,5E	0D	0,09
TMG7063	I PRO	0C	0C	0G	0,8E	0E	0,3	0F	0D	0,14
TMG7262	RR	1,3B	1,1B	2,1C	3,2C	3,4C	6,2B	4,3C	5,7A	3,41
Ativa	RR	2,1A	2,4A	3,5B	6,1B	8,4A	9,5A	8,5A	5,3A	5,73
Lança	I PRO	0C	2,3A	1,1D	0,9E	2,3	2,7D	2,1	1,1C	1,56
Valente	RR	1,2B	2,4A	4,5A	7,3A	7,8A	6,4B	6,2B	4,1B	4,99
Garra	I PRO	0,5B	0,6B	1,3D	1,1E	0,5E	0,6F	0F	0D	0,58
95R51	RR	0,3B	0,4B	0,1F	2,4D	2,7D	5,1C	5,2B	2,1C	2,29
95Y52	RR	0,4B	0,4B	0,5E	3,1C	4,1C	4,1C	2,2D	5,7A	2,56
96Y90	RR	0,5B	0,6B	0,7E	3,3C	3,8C	3,3D	4,1C	6,2A	2,81
BRS6203	RR	1B	1,2B	1,5D	2D	2,9D	5,4C	5,7B	2C	2,71
BRS5601	RR	2,5A	2,3A	1,7C	2,2D	6,5B	7,2B	4,3C	3,2B	3,74
CZ15B92	I PRO	0C	0C	0G	0F	0E	1,3D	0F	0D	0,16
CZ16B39	LL	1,3B	2,2A	2,5C	2,2D	2,9D	2,7D	3,5C	1,3C	2,33
Syn1561	I PRO	0C	0C	0G	0F	0E	1,2D	0,8E	0,1D	0,26
Coeficiente de Variação (%)		19,3	16,3	15,1	12,2	21,5	17,3	25,3	31,1	

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

A densidade populacional para Lagarta das Vagens (*S. eridania*) foi inferior às demais lagartas avaliadas, a partir na análise da **tabela 3**, observou-se que esse tipo de inseto-praga acabou atingindo suas maiores densidades populacionais nas cultivares Valente (0,99 indivíduos/m<sup>2</sup>) e NS5909 (0,51 indivíduos/m<sup>2</sup>).

**Tabela 2** - Densidade populacional da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação								Média no ciclo
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7	
NS5909	RR	2,5B*	3,5B*	3,3E*	1,6F*	0,5F	0,6C*	0,1C*	0C*	1,51
NS5445	I PRO	1,6B	4,3B	6,2C	6,5C	3,1D	2B	1,3B	0C	3,13
NS6601	I PRO	2,4B	5,2A	6,4C	5,4D	4,9C	0,5	0C	0C	3,10
NS6909	I PRO	2,4B	4,3B	6,8C	5,3D	3,2D	3,5A	2,8A	1,9A	3,78
TMG7067	I PRO	3,1A	5,1A	5,3D	6,7C	5,1C	3,3A	3,2A	3A	4,35
TMG7062	I PRO	1C	3,3B	4,7D	5,9C	3,5D	2,4B	2,1A	2A	3,11
TMG7063	I PRO	1,2C	4,1B	6,7C	4,3D	1,9E	0,8C	1,6B	0,4B	2,63
TMG7262	RR	2,1B	2,4C	3,4E	4,3D	3,7D	0D	2,5A	1,1B	2,43
Ativa	RR	0,8C	1,6D	2,3F	4,6D	2,5E	3A	1,1B	0,2B	1,98
Lança	I PRO	1,8B	2,5C	4,1E	5,8C	3,3D	1,5	0,1C	0,2B	2,41
Valente	RR	0,5C	1,9D	3,2E	4,6D	3,5D	3,3A	2,4A	2,6A	2,75
Garra	I PRO	1,7B	2,6C	4,8D	6,5C	3,5D	4,2A	1,6B	0C	3,11
95R51	RR	3,5A	5,3A	7,9B	11,9A	5,1C	3,5A	2,8A	0C	5,00
95Y52	RR	4,2A	6,5A	8,1B	10,8A	8,3A	2,1	0,5B	0C	5,06
96Y90	RR	3,3A	5,8A	9,4A	9,3B	6,5B	4,1A	0C	0,9	4,91
BRS6203	RR	1,9B	2,5C	5,3D	6,1C	3,2D	4A	2,5A	1B	3,31
BRS5601	RR	1,6B	2,9C	5,6D	5D	3,5D	2B	1,3B	2,4A	3,04
CZ15B92	I PRO	1,6B	2,7C	3,4E	3,4E	3,6D	2B	0C	0C	2,09
CZ16B39	LL	1,8B	3,5B	3,3E	4,8D	1,9E	2,5B	2A	1,1B	2,61
Syn1561	I PRO	1,1B	2,3C	4,1E	3,2E	2,2E	1,5B	3,5A	2,2A	2,51
Coeficiente de Variação (%)		18,3	19,6	21,2	18,5	17,6	26,4	22,2	30,9	

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

As maiores populações de lagartas (*S. cosmioides*) foram visualizadas nas cultivares CZ16B39 (3,16 indivíduos/m<sup>2</sup>), TMG7063 (3,21 indivíduos/m<sup>2</sup>) e TMG7262 (2,94 indivíduos/m<sup>2</sup>). Para essa espécie de lagarta as cultivares com tecnologia I PRO apresentaram uma população significativa quando comparada as demais cultivares, principalmente no estágio V8 de desenvolvimento da cultura, tabela 4.

**Tabela 3** - Densidade populacional da lagarta-preta (*S. eridania*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação								Média no ciclo
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7	
NS5909	RR	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>	0 <sup>NS</sup>	1,6A	0B	2,5A	0,51
NS5445	IPRO	0	0	0	0	0	0B	1,6A	1,5A	0,39
NS6601	IPRO	0	0	0	0	0	0B	1,1A	0B	0,14
NS6909	IPRO	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
TMG7067	IPRO	0	0	0	0	0	0B	1,2A	0B	0,15
TMG7062	IPRO	0	0	0	0,9	0	0B	0B	0B	0,11
TMG7063	IPRO	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
TMG7262	RR	0	0	0	0	0	1,4A	0B	0B	0,18
Ativa	RR	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
Lança	IPRO	0	0	0	0	0	0B	1,2A	0B	0,15
Valente	RR	1,3	0	0	0,8	0	2,3A	2A	1,5A	0,99
Garra	IPRO	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
95R51	RR	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
95Y52	RR	0	0	0	0	0	1,5A	0B	0B	0,19
96Y90	RR	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
BRS6203	RR	0	0	0	0	0	0B	2,1A	0B	0,26
BRS5601	RR	0	0	0	0	0	0B	0B	1,1A	0,14
CZ15B92	IPRO	0	0	0	0	0	0,5A	0B	0B	0,06
CZ16B39	LL	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
Syn1561	IPRO	0	0	0	0	0	0B	0B	0B	0,00
Coeficiente de Variação (%)		42,1	0	0	33,5	0	35,6	36,8	42,1	

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. NS: não significativo.

Para a Lagarta *H. armigera* as maiores populações foram observadas nas cultivares TMG7063IPRO, CZ16B39LL e TMG7262 apresentando populações médias no ciclo de 3,21; 3,16; 2,94 indivíduos/m<sup>2</sup> respectivamente, essa população foi principalmente nos estádios R5, R6 e R7, tabela 5.

**Tabela 4** - Densidade populacional da lagarta-preta (*S. cosmíoides*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação								Média no ciclo
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7	
NS5909	RR	0B*	1,5C*	1,1B*	3,2B*	2,5C*	4,3C*	5,4B*	1,5B*	2,44
NS5445	I PRO	1,3A	1,1C	1,2B	3,3B	3,2B	3,2C	3,5C	2,5B	2,41
NS6601	I PRO	0B	0D	1,3B	3,5B	2,1C	3,6C	4,3B	4,1A	2,36
NS6909	I PRO	0B	2,2B	1,5B	3,8A	2,5C	3,8C	6,2A	2B	2,75
TMG7067	I PRO	1,1A	3,5A	1,2B	4,1A	3,2B	4,2C	3,3C	1B	2,70
TMG7062	I PRO	0B	2B	1,5B	3,5B	4,1A	3,1C	5,4B	1B	2,58
TMG7063	I PRO	2,1A	2,4B	1,4B	1,9C	3,3B	6,2A	5,2B	3,2A	3,21
TMG7262	RR	0B	1,5C	1B	3,8A	2,2C	4,3C	6,7A	4A	2,94
Ativa	RR	0B	0,9C	1,6B	2,2C	3,5A	3,2C	4,1B	1,3B	2,10
Lança	I PRO	1,1A	3,5A	1,1B	2,6C	3,1B	4,6B	3,5C	0,9B	2,55
Valente	RR	0B	1,1C	1,8A	3,9A	4,2A	5,2B	3,6C	0,5B	2,54
Garra	I PRO	1,5A	0,5C	1,4A	2,6C	3,8A	3,3C	4,4B	0,7B	2,28
95R51	RR	1,6A	2,3B	1,9A	4,2A	1,2D	3,6C	6,5A	0,6B	2,74
95Y52	RR	0B	2,2B	1,2A	3,3B	1,2D	3,8C	4,3B	2,2B	2,28
96Y90	RR	1,1A	0,8C	2,1A	3,2B	4,3A	4,2C	3,8C	1,5B	2,63
BRS6203	RR	0B	1C	1,9A	3,5B	3,2B	1,4D	4,6B	3,6A	2,40
BRS5601	RR	1,6A	2,3B	1,4B	4,6A	3,8A	1,9D	2,2D	4,1A	2,74
CZ15B92	I PRO	0B	1,9B	1,5B	3,1B	3,9A	1,5D	4,1B	3,2A	2,40
CZ16B39	LL	0B	2,8B	1,5B	2,2C	3,4A	6,5A	6,2A	2,7B	3,16
Syn1561	I PRO	0B	1,7B	1,7B	3,1B	2,8C	4,2C	1,7E	0,9B	2,01
Coeficiente de Variação (%)		12,6	15,8	17,3	18,1	19,2	12,7	23,1	17,2	

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

A espécie de lagarta *A. gemmatilis* teve uma população mais elevada nas cultivares Valente RR (5,20 indivíduos /m<sup>2</sup>), apresentando similaridade estatística de distribuição ao longo do ciclo. Também na cultivar BRS6203RR (2,94 indivíduos/m<sup>2</sup>) e na CZ16B39 (2,86 indivíduos/m<sup>2</sup>), tabela 6.

**Tabela 5** - Densidade populacional da lagarta-helicoverpa (*H. armigera*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação								Média no ciclo
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7	
NS5909	RR	0B*	1,5A*	1,1B*	3,2B*	2,5C*	4,3C*	5,4A*	1,5B*	2,44
NS5445	I PRO	1,3A	1,1A	1,2B	3,3B	3,2B	3,2D	3,5B	2,5B	2,41
NS6601	I PRO	0B	0C	1,3B	3,5A	2,1C	3,6C	4,3B	4,1A	2,36
NS6909	I PRO	0B	2,2A	1,5A	3,8A	2,5C	3,8C	6,2A	2B	2,75
TMG7067	I PRO	1,1A	3,5A	1,2B	4,1A	3,2B	4,2C	3,3B	1C	2,70
TMG7062	I PRO	0B	2B	1,5A	3,5A	4,1A	3,1D	5,4A	1C	2,58
TMG7063	I PRO	2,1A	2,4A	1,4A	1,9C	3,3B	6,2A	5,2A	3,2A	3,21
TMG7262	RR	0B	1,5B	1B	3,8A	2,2C	4,3C	6,7A	4A	2,94
Ativa	RR	0B	0,9	1,6A	2,2C	3,5B	3,2D	4,1B	1,3B	2,10
Lança	I PRO	1,1A	3,5A	1,1B	2,6B	3,1B	4,6B	3,5B	0,9C	2,55
Valente	RR	0B	1,1B	1,8A	3,9A	4,2A	5,2B	3,6B	0,5C	2,54
Garra	I PRO	1,5A	0,5C	1,4B	2,6B	3,8A	3,3D	4,4B	0,7C	2,28
95R51	RR	1,6A	2,3A	1,9A	4,2A	1,2D	3,6C	6,5A	0,6C	2,74
95Y52	RR	0B	2,2A	1,2B	3,3B	1,2D	3,8C	4,3B	2,2B	2,28
96Y90	RR	1,1A	0,8C	2,1A	3,2B	4,3A	4,2C	3,8B	1,5B	2,63
BRS6203	RR	0B	1BB	1,9A	3,5A	3,2B	1,4E	4,6B	3,6A	2,40
BRS5601	RR	1,6A	2,3A	1,4A	4,6A	3,8A	1,9E	2,2C	4,1A	2,74
CZ15B92	I PRO	0B	1,9B	1,5A	3,1B	3,9A	1,5E	4,1B	3,2A	2,40
CZ16B39	LL	0B	2,8A	1,5A	2,2C	3,4B	6,5A	6,2A	2,7B	3,16
Syn1561	I PRO	0B	1,7B	1,7A	3,1B	2,8C	4,2C	1,7C	0,9	2,01
Coeficiente de Variação (%)		12,6	15,8	17,3	18,1	19,2	12,7	23,1	17,2	

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

**Tabela 6** - Densidade populacional da lagarta-da-soja (*A. gemmatilis*), em função da cultivar de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Área Experimental, Unicruz, 2018.

Cultivares	Tecnologia	Avaliação								Média no ciclo
		V3	V6	V8	R2	R4	R5	R6	R7	
NS5909	RR	0,8B*	1,3B*	2,2C*	0E*	0C*	3,8B*	4,2A*	0C	1,54
NS5445	IPRO	0C	0C	0D	0E	0C	0C	0C	0C	0,00
NS6601	IPRO	0,8B	0C	0D	0E	0C	0C	0,2C	0C	0,13
NS6909	IPRO	0C	0C	0D	0E	0,1C	0C	0C	0C	0,01
TMG7067	IPRO	0C	0C	0D	0E	0C	0C	0C	0C	0,00
TMG7062	IPRO	0C	0C	0,5D	0E	0C	0,3C	0C	0C	0,10
TMG7063	IPRO	0C	0C	0D	0E	0C	0C	0C	0C	0,00
TMG7262	RR	0C	0C	0D	0,5D	2,4B	3,1B	1,1B	0C	0,89
Ativa	RR	0C	1,5B	2,8C	3,4B	3,6B	3,7B	2B	2,1A	2,39
Lança	IPRO	0C	0C	0D	0E	0C	0C	0C	0C	0,00
Valente	RR	2,5A	3,6A	8,7A	6,8A	7,7A	6,5A	2,5B	3,3A	5,20
Garra	IPRO	0C	0C	0D	0E	0C	0C	0C	0C	0,00
95R51	RR	0C	0C	0,8C	0,6D	2,8B	7,2A	1,1B	0C	1,56
95Y52	RR	0C	0C	0D	0E	1,1B	1,6B	2,3B	2A	0,88
96Y90	RR	0C	2A	2,1C	1,8C	2,2B	2,6B	1,8B	0C	1,56
BRS6203	RR	1,5B	2,7A	5,4B	0,8D	6,5A	2,7B	3,1A	0,8B	2,94
BRS5601	RR	1,1B	1,1B	1,8C	1,6C	2,1B	0C	1,8B	0,8B	1,29
CZ15B92	IPRO	0C	0C	0D	0E	0C	0C	0C	0C	0,00
CZ16B39	LL	2,5A	2A	1,8C	2,6C	3,8B	7,1A	2,4B	0,7B	2,86
Syn1561	IPRO	0C	0C	0D	0,3D	0C	0C	0C	0C	0,04
Coeficiente de Variação (%)		25,6	25,1	27,6	21,3	32,1	32,6	36,7	30,9	

\*Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

### 3 DISCUSSÃO

O decréscimo do número de indivíduos de *Spodoptera frugiperda* após o pico de indivíduos no estágio R2 pode estar associado à maturação fisiológica da cultura e menor disponibilidade de folhas. Alguns dos fatores que podem contribuir para altas populações associadas à dificuldade do manejo de *S. frugiperda* é a grande oferta de hospedeiros, ampla distribuição temporal (ocorrência o ano todo) e pelo seu hábito alimentar preferencialmente pelas folhas (BARROS, 2010; BOREGAS, 2013)

A elevada população da *S. frugiperda* pode estar associada às características do hábito alimentar da espécie, com sua densidade bem distribuída também em cultivares com tecnologia intacta. As elevadas populações desta espécie podem provocar danos na soja Bt (EMBRAPA, 2014) Os danos provocados estão diretamente relacionados à dificuldade de seu controle (Farias et al. 2001)

A soja Bt cultivada atualmente vem como medida de controle para as principais lagartas

desfolhadores, entretanto, as lagartas do complexo *Spodoptera* (*S. eridania*, *S. cosmiodes*, *S. frugiperda* e *S. albula*), bem como as demais pragas da cultura, como os percevejos sugadores, ácaros e mosca-branca não são controlados por essa tecnologia (Bueno; Silva, 2016).

A lagarta *C. includens* é uma praga de grande importância econômica devido ao seu nível de dano causado as culturas anuais. É uma espécie que possui um hábito alimentar muito variado, ou seja, considerada polífaga, só no Brasil são 26 plantas hospedeiras, dentre elas destaca-se a soja (*Glycine max* L.) (SPECHT, 2015).

No presente trabalho algumas populações de lagartas que apresentaram inferioridade de indivíduos para cultivares com característica IPRO, como é o caso da *C. includens* pode ser resultado da tecnologia intacta provenientes da bactéria *Bacillus thuringiensis*. Esse tipo de material possui na sua constituição a proteína Cry1AC, apresentando toxinas que causam a ruptura e paralisia das células epiteliais do intestino médio (ventrículo), fazendo com que cessem a alimentação em poucas horas após a ingestão do alimento (MOSCARDI). A soja com a tecnologia Intacta® teve um melhor desenvolvimento em comparação à soja sem a tecnologia, com menor ataque de lagartas. (GOFFI, 2017).

*Anticarsia gemmatalis* é uma importante desfolhadora da soja, seus danos estão relacionados à desfolha e até destruição total da planta (PRAÇA et al., 2006). Consome de 85 cm<sup>2</sup> a 150 cm<sup>2</sup> de área foliar de soja até completar toda sua fase larval (BOLDT et al., 1975; BUENO et al., 2011b; CARDOSO et al., 1996; MOSCARDI; CARVALHO, 1993; SALVADORI; CORSEUIL, 1982). Quando não manejadas corretamente, essas lagartas podem provocar até 100% de desfolha (EMBRAPA, 2015).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes espécies de lagartas variaram suas populações e espécies ao longo do desenvolvimento da cultura, sendo que no geral as maiores populações foram encontradas nos estádios R2, R5 e R6 (estádio reprodutivo, vagens e enchimento de grãos) considerando todas as espécies avaliadas. Todos noctuídeos demonstraram preferência alimentar para as cultivares testadas, porém as que apresentavam tecnologia Bt (*Bacillus thuringiensis*) reduziram a densidade populacional das espécies *C. includens* e da *A. gemmatalis*, devido a este modo de ação cessar sua capacidade de causar dano a cultura poucas horas após ingestão da planta com essa tecnologia. Através do monitoramento de insetos praga a agricultura de precisão objetiva uma otimização dos recursos, escolha de cultivares menos suscetíveis variando com a incidência de determinada espécie de lagartas, se a infestação por lagartas do gênero das *Spodopteras* sp. for elevado a escolha deve ser por uma cultivar de tecnologia RR, deixando as com tecnologia IPRO pra infestação de lagartas que atacam mais folhas como a *Anticarsia gemmatalis* e *Crysoideixis includens*, adequando a realidade de cada produtor.

#### REFERÊNCIAS

BARROS, Eduardo M.; TORRES, Jorge B.; BUENO, Adeney F. **Ovipoosição, Desenvolvimento e Reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Diferentes Hospedeiros de Importância Econômica.** Novembro – Dezembro de 2010.

BOLDT, P.E.; BIEVER, K.D.; IGNOFFO, C.M. *Lepidopteran pests of soybean: consumption of soybean foliage and pods and development time*. Journal of Economic Entomology, v. 68, p. 480-482, 1975.

BOREGAS, Katia Gisele Brasil; MENDES, Simone Martins; WAQUIL, José Magid; FERNANDES, Geraldo Wilson. **Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos**. Bragantia, Campinas, v. 72, n. 1, p.61-70, 2013

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Décimo primeiro levantamento, agosto 2019. v. 6 - Safra 2018/19, n.11.

COTA, Vicentina Lopes. **Aumento populacional da *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera:Noctuidae, Plusiinae) na cultura da soja no Brasil: uma revisão**. Universidade federal de São João del Rei, departamento de engenharia agrônômica Sete Lagoas, MG, 2015

EMBRAPA SOJA. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3ª ed. Londrina, PR 2014.

EMBRAPA. **Ações emergenciais propostas pela embrapa para o manejo integrado de *helicoverpa* spp. em áreas agrícolas**. 2013

EMBRAPA. **Artrópodes que atacam as folhas da soja**. 2015

FARIAS, P.R.S., J.C. BARBOSA & A.C. BUSOLI. 2001. **Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho**. Neotrop. Entomol. 30: 681-689.

GOFFI, Mateus, Tironi; SIUMAR, Pedro; RADÜNZ, André Luiz; TRAMONTIN, Marco Aurélio. **Produtividade e retorno econômico da cultura da soja com tecnologia intacta**. AGRARIAN

ACADEMY, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.4, n.7; p. 2017

MONSANTO. **Manual de pragas**. 170p. Ano: 2015.

MOSCARDI, **Artrópodes que atacam as folhas da soja**. 2012

MOSCARDI, **Uso de baculovírus e bacillus thuringiensis no controle da lagarta-da-soja, *anticarsia gemmatalis***.

PASINI, Mauricio Paulo Batistella. **Dinâmica populacional e amostragem sequencial de *Tibraca limbativentris* em arroz irrigado**. Tese de doutorado. 2016

PRAÇA, L.B. et al. *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). **Biologia, amostragem e métodos de controle**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 18p. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 0102-0110; 196).



SANTI, Antônio Luis.; RIFFEL, Cinei Terezinha.; BASSO, Claudir José. AMADO, Telmo, Jorge Carneiro.; FLORA, Lisandra Pinto Della.; CORASSA, Geomar Mateus.; EITELWEIN, Mateus Tonini.; PIRES, João Leonardo Fernandes. **Agricultura de precisão no manejo de pragas na cultura da soja no sul do Brasil. 267. 2014.**

## VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ACIDEZ ATIVA DO SOLO E DA SATURAÇÃO POR BASES E ALUMÍNIO, NUMA CATENA DO PAMPA, CULTIVADA COM SOJA – 4 ANOS DE MONITORAMENTO

*Space-time variability active soil acidity, base and aluminum saturation in  
a catena of Pampa cultivated with soya - 4 years monitoring*

Otávio Ladislau Garcia Medeiros<sup>1</sup>, Julio César Wincher Soares<sup>1</sup>, Daniel Nunes Krum<sup>1</sup>,  
Lucas Nascimento Brum<sup>1</sup>, Thaynan Hentz de Lima<sup>1</sup>, Matheus Ribeiro Gorski<sup>1</sup>, Vitória  
Coimbra<sup>1</sup>, Luryan Delevati<sup>1</sup>, Vanessa Tadiello Gampert<sup>1</sup>, Vanius Venturini Veiga<sup>1</sup>,  
Thuanny Malavolta Couceiro<sup>1</sup>, Higor Machado de Freitas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – Campus Santiago, Avenida Batista  
Bonotto Sobrinho, 97700-000, Santiago – RS, Brasil, [otaviogarciamedeiros@outlook.com](mailto:otaviogarciamedeiros@outlook.com);  
[juliowincher@gmail.com](mailto:juliowincher@gmail.com); [daniel.krum@hotmail.com](mailto:daniel.krum@hotmail.com); [lucasbrum13@hotmail.com](mailto:lucasbrum13@hotmail.com);  
[thaynanh.lima@hotmail.com](mailto:thaynanh.lima@hotmail.com); [matheusgorski3@gmail.com](mailto:matheusgorski3@gmail.com); [toiacoimbra1@hotmail.com](mailto:toiacoimbra1@hotmail.com);  
[lurydd@live.com](mailto:lurydd@live.com); [vanessa@urisantiago.br](mailto:vanessa@urisantiago.br); [gabgomes13@gmail.com](mailto:gabgomes13@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, AV Roraima, 97105-340, Santa Maria – Rio Grande do Sul,  
Brasil, [higormfreitasagro@gmail.com](mailto:higormfreitasagro@gmail.com)

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal e as correlações do pH em água do solo, da saturação por bases (V%) e da saturação por alumínio numa catena do Pampa, cultivada com soja, durante 4 anos de monitoramento. O estudo foi realizado numa área de 1,17ha, localizada na fazenda escola da Universidade Regional integrada do Alto Uruguai e Missões-Campus Santiago, em Santiago, RS, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS2000, zona 21 S). As amostragens foram realizadas em 52 pontos de uma grade amostral multitemporal, os pontos foram locados com o uso de um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Posicionamento em Tempo Real (RTK). Concluiu-se que houve variabilidade espaço-temporal das propriedades estudadas, e a atividade do hidrogênio na solução do solo influenciou diretamente na saturação por bases (V%) e na saturação por alumínio (m%).

**Palavras-chave:** Fertilidade do Solo. Monitoramento Espaço-Temporal. Agricultura Digital.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the spatiotemporal variability and correlations of soil pH, base saturation (V%) and aluminum saturation of soils for soybean, in a Pampa catena, during 4 years of monitoring. The study was conducted in an area of 1.17 ha, located in the school farm of the Integrated Regional University of Upper Uruguay and Missions-Campus Santiago, Santiago, RS, with central coordinates UTM 705.589 E and 6.769.112 S (SIRGAS2000, zone 21 S). Sampling was performed at 52 points of a multitemporal sampling grid, the points were located using a dual frequency (L1 / L2) GNSS receiver (Global Navigation Satellite System) and Real Time Positioning (RTK). It was concluded that there was spatiotemporal variability between the studied properties, and the hydrogen activity in the soil solution directly influenced the base saturation (V%) and aluminum saturation (m%).

**Keywords:** Soil Fertility, Space-Time Monitoring, Digital Farming.

## 1 INTRODUÇÃO

A Agricultura Conservacionista pode ser definida como sendo a combinação do não-revolvimento ou mínima mobilização do solo, com sua permanente cobertura por resíduos vegetais ou plantas em crescimento e desenvolvimento e a adoção da rotação de culturas (HOBBS et al., 2007; DERPSCH et al., 2010). Em contrapartida, um manejo inadequado pode culminar na degradação do solo através de processos erosivos, de mudanças de uso e ocupação das terras, gerando uma redução significativa na sua fertilidade (LEITE et al., 2010).

O solo é um sistema complexo e dinâmico, resultado de fatores climáticos, geológicos, topográficos e biológicos que juntos, determinam a estes, suas características físicas e químicas. O estudo da variabilidade espaço-temporal de propriedades químicas do solo relacionadas a diferentes sistemas de manejo do solo na agricultura permite uma melhor compreensão da dinâmica dessas variáveis nas áreas utilizadas para o cultivo agrícola, e a interferência dessa variabilidade na produtividade (DURIGON, 2007).

Avanços tecnológicos na agricultura têm mostrado a importância de se medir a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos (DE CARVALHO et al, 2002). Desde o começo do século a ciência do solo tem direcionado esforços no estudo da variabilidade espacial das propriedades químicas e físicas do solo. Somente nas décadas de 50 e 60, com o avanço na teoria de estatística espacial, é que os cientistas começaram a perceber a potencialidade deste instrumento para o manuseio de dados quantitativos, facilitando a compreensão da variabilidade do solo (BURROUGH et al., 1994).

Uma considerável fração dos solos agrícolas que se encontram em regiões de clima tropical e subtropical, apresentam restrições ao desenvolvimento das principais culturas agrícolas devido aos efeitos negativos causados pela acidez excessiva do solo. Um levantamento utilizando cerca de 60,000 amostras de solos, no estado do Rio Grande do Sul, indicou que 70% delas apresentavam pH em água inferior a 5,5 (DRESCHER et al., 1995), o qual é considerado restritivo para a maioria das culturas agrícolas.

A saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) indicam o teor de cátions de natureza básica e ácida, respectivamente. Então, solos com saturação por bases (V%) superiores à 50% indicam uma maior participação de cátions importantes para o desenvolvimento das plantas, como K (Potássio), Ca (Calcio) e Mg (Magnésio), no complexo sortivo do solo. Em contrapartida, níveis elevados de saturação por alumínio (m%) é um indicativo de solos ácidos e com níveis insatisfatórios de fertilidade do solo.

Desta forma e, dada a relevância e a importância desta temática, o objetivo do presente estudo foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal e as correlações entre a acidez ativa do solo, a saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) de diferentes solos de uma catena do Pampa.

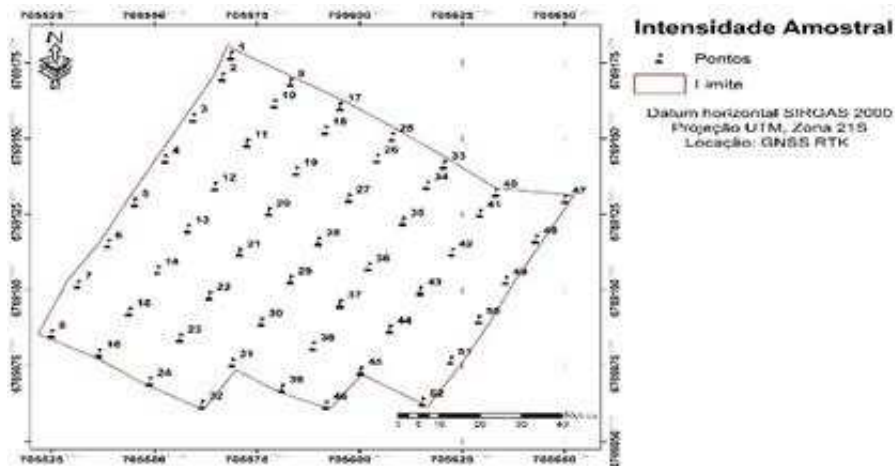
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Câmpus de Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e

6.769.112 S (SIRGAS2000, zona 21 S).

Foram realizadas prospecções em Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Cambissolos Háplicos e Argissolos Vermelhos (EMBRAPA, 2013), por meio de 52 pontos de uma malha (multitemporal: 2016, 2017, 2018 e 2019), com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0 – 0,2 m, numa área de 1,17 ha. Para locação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) Leica modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Posicionamento em Tempo Real (RTK) (FIGURA 1).

Figura 1 - Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.



A partir do grid de pontos, foram realizadas as coletas de amostras de solo para a posterior análise das seguintes propriedades químicas do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al) e pH em água (pH<sub>H2O</sub>) conforme Donagemma et al. (2011). Após essa etapa, foram feitos os cálculos de capacidade de troca catiônica efetiva (CTC<sub>efetiva</sub>), capacidade de troca catiônica potencial (CTC<sub>pH7</sub>), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). A variabilidade dos dados foi avaliada pela análise estatística descritiva e a normalidade dos dados foi testada por Kolmogorov-Smirnov, com  $p < 0,05$ . O coeficiente de variação (CV), foi classificado segundo Warrick e Nielsen (1980), que consideram a variabilidade como: baixa (CV < 12%); média (12% < CV > 60%) e alta (CV > 60%).

Utilizando o software ArcGIS® 10.5.1, com o uso da geoestatística, foi realizado o ajuste dos modelos semivariogramas aos dados, sendo definidos os parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Passada essa etapa, o Grau de Dependência Espacial, o (GDE) foi classificado conforme CAMBARDELLA et al. (1994), onde o (GDE) é considerado fraco, quando o efeito pepita for superior à 75% do patamar, quando o efeito pepita se encontrar em valores entre 75% e 25% o (GDE) é considerado moderado e quando a razão do efeito pepita for inferior à 25% o Grau de Dependência Espacial é considerado forte. Em seguida, fazendo o uso da Krigagem Ordinária, foram elaborados mapas permitindo o maior detalhamento da distribuição das propriedades estudadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo análise descritiva elaborada com o dados referentes aos quatro anos de monitoramento, as variáveis monitoradas apresentaram distribuição normal (Tabela 1).

Tabela 1- Estatística descritiva das propriedades químicas dos solos, numa catena do Pampa, sob diferentes sistemas de manejo.

Propriedade	N°	Mínimo	Máximo	Média	CV(%)	K-S	Sig
<u>2016 (Campo Nativo)</u>							
pH <sub>H2O</sub>	52	3,7	5,4	4,5	9,27	0,971	0,303
V%	52	21,7	57,4	31,8	21,28	1,123	0,160
m%	52	1,1	62,0	29,7	49,58	0,678	0,747
<u>2017 (Plantio Convencional)</u>							
pH <sub>H2O</sub>	52	4,4	5,1	4,8	83,70	1,260	0,084
V%	52	20,2	61,0	39,5	25,31	0,741	0,642
m%	52	3,2	51,0	25,1	52,98	1,112	0,169
<u>2018 (Cultivo Mínimo)</u>							
pH <sub>H2O</sub>	52	4,3	6,0	5,2	6,03	1,540	0,017
V%	52	33,1	87,3	61,3	20,17	0,544	0,929
m%	52	2,0	41,1	15,7	54,41	0,910	0,379
<u>2019 (Plantio Direto)</u>							
pH <sub>H2O</sub>	52	4,0	5,5	4,6	9,7	0,057	0,057
V%	52	17,6	67,0	40,2	35,16	0,687	0,687
m%	52	2,6	50,8	25,1	46,13	0,730	0,730

pH<sub>H2O</sub>: Acidez ativa. V%: Saturação por bases. m%: Saturação por Alumínio. CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância (p<0,05).

Para o ano de 2016, onde a área se encontrava com campo nativo, o valor médio referente ao pH<sub>H2O</sub> foi de 4,5, a saturação por bases (V%) apresentou valores médios de 31,8%, classificado como baixo. O valor médio de saturação por alumínio (m%) foi de 29,7%, classificado como alto, conforme ALVARES et al. (1999). Constatou-se que, a participação das bases no complexo sortivo do solo era baixa e a percentagem de Al trocável (Al<sup>3+</sup>) na CTC<sub>efetiva</sub> dos solos alta, indicando solos com baixa fertilidade química (TABELA 1).

Já no ano de 2017, a área do estudo havia migrado para sistema de plantio convencional, nestas condições os valores médios de pH<sub>H2O</sub>, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) foram de 4,8, 39,5% e 25,1%, respectivamente (TABELA 1). Sendo assim, percebeu-se uma sutil mudança no cenário da fertilidade química da área estudada, contudo, os valores encontrados ainda indicavam uma baixa fertilidade química.

Em 2018, foi adotado um sistema de cultivo mínimo, após a migração para este sistema de cultivo, foram observadas mudanças significativas nas propriedades monitoradas anteriormente, para o pH<sub>H2O</sub> obteve-se o valor médio de 5,2, a saturação por bases (V%) passou para o valor médio de 61,3%, já para saturação por alumínio (m%) foi obtido um valor médio de 15,7% (TABELA 1). Desta maneira, constatou-se que a mudança para o sistema de cultivo mínimo culminou em melhoria da fertilidade química do solo.

No ano de 2019, foi introduzida a cultura da soja, já sob o sistema de plantio direto (início). Neste último ano, os valores médios adquiridos para  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ , saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) foram de 4,6, 40,2% e 25,1%, respectivamente (TABELA 1). A correção do solo foi negligenciada neste ano e, devido ao sistema estar num processo de estabilização, as propriedades ainda apresentaram elevada variabilidade, com o incremento de íons ácidos. Após a aplicação do corretivo, o pH do solo atinge um valor máximo em aproximadamente 3 a 12 meses, tendendo a diminuir após 4 a 6 anos, devido a processos de reacidificação natural do solo (MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM – SC e RS, 2004). Contudo, devido às particularidades geomorfológicas da área utilizada no estudo, a instabilidade do sistema demanda uma calagem com um intervalo de tempo mais curto, para garantir a manutenção de bons níveis de fertilidade do solo.

No ano de 2016 (Campo Nativo), o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  ajustou-se ao modelo esférico com alcance de 43,22 m e efeito pepita de 0,0553. Já para saturação por bases, o modelo que melhor se ajustou a variável foi o exponencial, com alcance de 27,50 m e pepita 0 para saturação por alumínio (m%), o modelo stable foi o que melhor se ajustou, com alcance de 32,50 m e pepita de 64,0882 (TABELA 2).

Para o ano de 2017 (Plantio Convencional), o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  se ajustou melhor ao modelo esférico, com alcance de 27,50m e pepita de 0. A saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) ajustaram-se melhor ao modelo exponencial, com alcance de 27,50 e 47,88, e pepita de 0, respectivamente (TABELA 2).

Já para o ano de 2018 (Cultivo Mínimo), o modelo stable foi o que melhor se ajustou para as variáveis  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ , saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), com alcance de 27,50 m, 35,54 m e 44,83 m, respectivamente, com pepita de 0 para todas as variáveis. Por fim, para o ano de 2019 (Início do sistema Plantio Direto), o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  ajustou-se ao modelo exponencial, com alcance de 28,84 m e efeito pepita de 0. A saturação por bases (V%), teve o melhor ajuste ao modelo Gaussiano, com alcance de 27,50 m e pepita de 0. A saturação por alumínio se ajustou melhor ao modelo exponencial, com alcance de 32,97m e pepita de 13,821218 (TABELA 2).

Conforme os modelos digitais apresentados nas Figuras 2, 3 e 4 no espaço e no tempo, a acidez ativa dos solos ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) influenciou a disponibilidade de cátions, como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , que estão saturando as cargas negativas dos colóides, diminuindo conforme o incremento da atividade do hidrogênio na solução do solo. Já a saturação por alumínio, que indica a proporção de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo (Embrapa, 2017), teve incremento, conforme o aumento da atividade do hidrogênio.

Tabela 2- Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades químicas, numa catena do pampa, sob diferentes sistemas de manejo.

Propriedade	pHH2O	V (%)	m (%)
2016 (Campo Nativo)			
Modelo	Esférico	Exponencial	Stable
Alcance	43,22	27,50	32,50
Patamar	0,1208	47,0926	104,1660
Pepita	0,0553	0,0000	64,0882
M	-0,1458	-0,0742	0,1453
RMS	0,3561	6,6138	10,5361
MS	-0,0337	-0,0111	0,0095
RMSS	1,0222	1,0053	0,9595
ASE	0,3496	6,5898	11,0547
DE	Moderado	Forte	Moderado
GDE(%)	45,76	0,00	61,53
2017 (Plantio Direto)			
Modelo	Esférico	Exponencial	Exponencial
Alcance	27,50	27,50	47,88
Patamar	0,0316	114,4990	150,5199
Pepita	0,0000	0,0000	0,0000
M	-0,0003	-0,0486	0,2012
RMS	0,1864	10,2528	9,5134
MS	-0,0028	-0,0059	0,0155
RMSS	1,0838	1,0068	1,0447
ASE	0,1716	10,2611	9,2601
DE	Forte	Forte	Forte
GDE(%)	0,00	0,00	0,00
2018 (Cultivo Mínimo)			
Modelo	Stable	Stable	Stable
Alcance	27,50	35,74	44,83
Patamar	0,1041	157,8035	65,6868
Pepita	0,0000	0,0000	0,0000
M	0,0190	-0,1628	-0,2367
RMS	0,3369	11,9941	6,0841
MS	0,0547	-0,0142	-0,0248
RMSS	0,9903	0,9847	1,0152
ASE	0,3413	12,1649	6,1010
DE	Forte	Forte	Forte
2019 (Plantio Direto)			
GDE(%)	0,00	0,00	0,00
Modelo	Exponencial	Gaussiano	Exponencial
Alcance	28,84	27,50	32,97
Patamar	0,2097	213,792921	106,805487
Pepita	0,0000	0,000000	13,821218
M	0,0059	0,188862	-0,174447
RMS	0,4692	15,076333	10,222763
MS	0,0095	0,013905	-0,014755
RMSS	1,0954	1,550648	1,001900
ASE	0,4306	10,450263	10,180327
DE	Forte	Forte	Forte
GDE(%)	0,00	0,00	12,94

pHH2O: Acidez ativa. V%: Saturação por bases. m%: Saturação por Alumínio. Pepita: Efeito pepita. M: Média. RMS: Raiz quadrada média. MS: Média padronizada. RMSS: raiz quadrada média padronizada. ASE: Erro médio padrão. DE: Dependencia Espacial, GDE (%): Grau de dependencia espacial.

Figura 2. Modelos digitais do pH em água de uma catena do Pampa, sob diferentes sistemas de manejo.

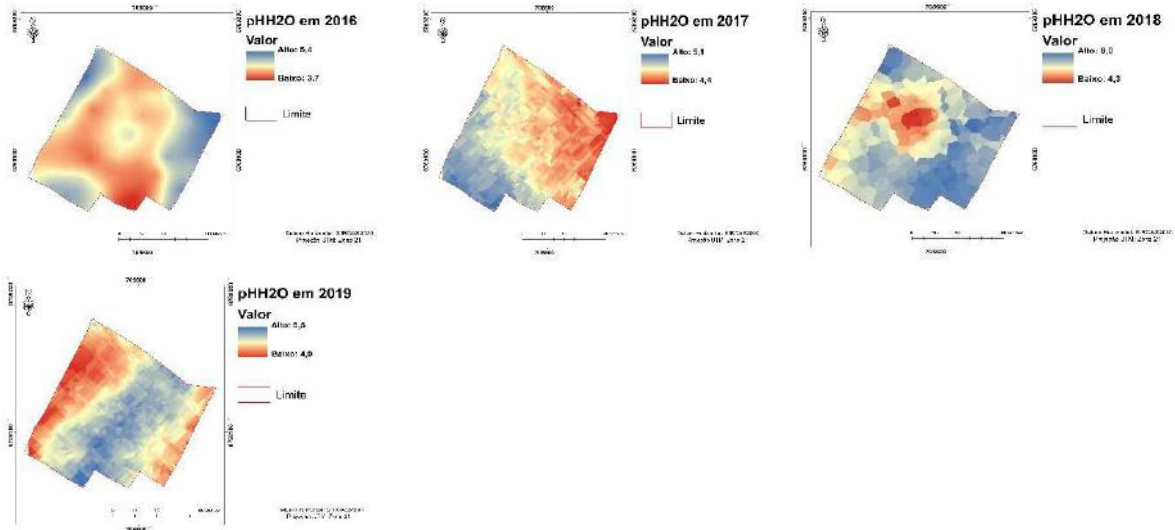


Figura 3. Modelos digitais da saturação por bases de uma catena do Pampa, sob diferentes sistemas de manejo.

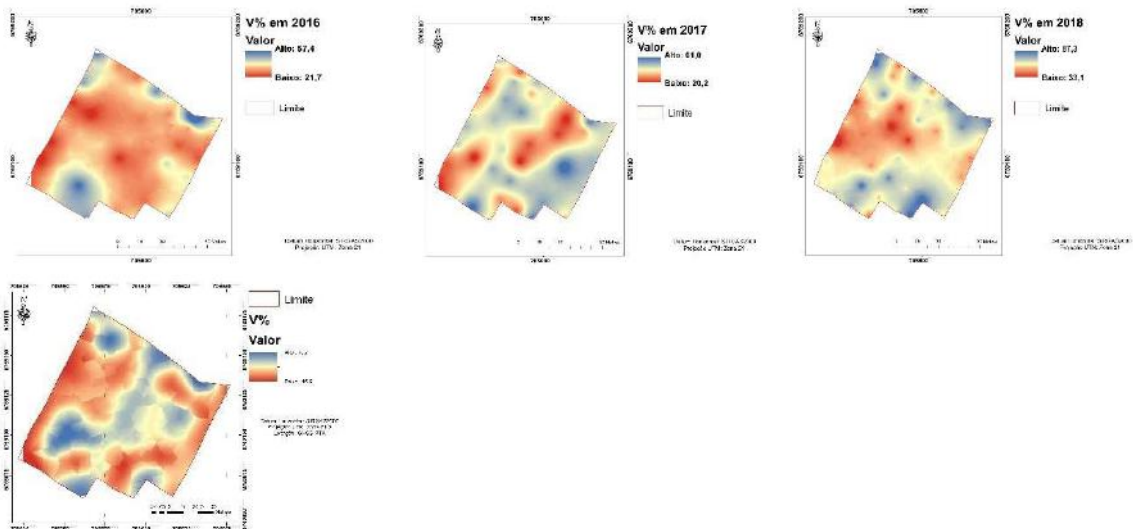
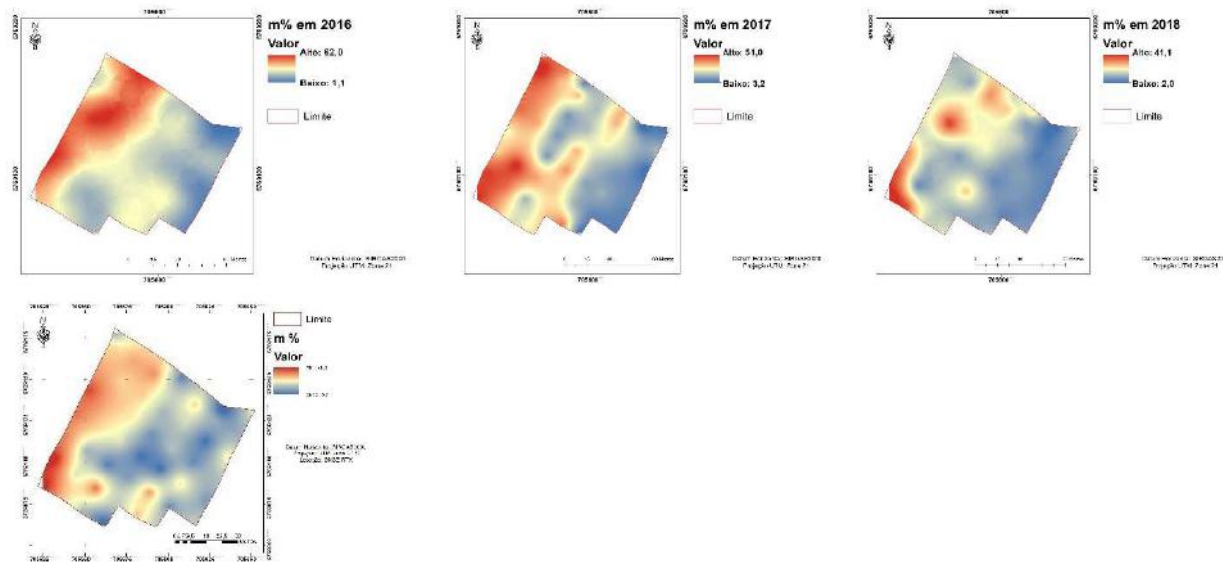




Figura 4. Modelos digitais da saturação por alumínio de uma catena do Pampa, sob diferentes sistemas de manejo.



### 3 CONCLUSÕES

A saturação por alumínio, a saturação por bases e o pH em água apresentaram variabilidade no espaço e no tempo, durante o período em que foram monitorados. A atividade do hidrogênio na solução do solo, no espaço e no tempo, influenciou diretamente na saturação por bases (V%) e na saturação por alumínio (m%). A instabilidade do sistema é explicada pela diversidade geomorfológica e pedológica da catena.

### REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. **Interpretação dos resultados das análises de solos.** In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação.* Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- BURROUGH, P. A.; BOUMA, J.; YATES, S. R. **The state of the art in pedometrics.** *Geoderma*, Amsterdam, v. 62, n. 1/3, p. 311-326, 1994.
- CAMBARDELLA, C. A et al. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils.** *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1501-1511, 1994.
- CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M. & VIEIRA, S.R. **Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos.** *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:1151-1159, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400p.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; et al. **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, n. 2, 2011. 230p.

DRESCHER, M.; BISSANI, C. A.; GIASSON, E.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, G. **Avaliação da fertilidade dos solos do Estado do Rio Grande do Sul e necessidade de adubos e corretivos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 35p.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura de arroz irrigado (Oryza sativa)** [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2007.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FERREIRA, R. de P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 35p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 63).

HOBBS, P.R. **Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production?** J. Agric. Sci., 145:127-137, 2007.

LEITE L. F. C. et al. **Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil**. Australian Journal of Soil Research, v. 48, p. 258-265, 2010.

R. DERPSCH , T. FRIEDRICH , A. KASSAM , L. HONGWEN, **Situação atual da adoção do plantio direto no mundo e alguns de seus principais benefícios** . Int. J. Agric. Biol. Eng. 3 , 1 - 25 ( 2010 )

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (2017) - **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 573 p.

## VARIABILIDADE ESPACIAL DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NUMA CATENA DE SOLOS DO PAMPA

### *Spatial variability of phosphorus fractions in soil catena of Pampa*

Thaynan Hentz de lima<sup>1</sup>, Júlio wincher soares, Marcelo Marques Tusi, Higor Machado de Freitas<sup>4</sup>, Paulo César Basich Doma, Lucas Nascimento Brum, Daniel Nunes Krum, Vitória Silva Coimbra, Thuanny Malavolta Couceiro, Matheus Ribeiro Gorski;

<sup>1</sup>Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Avenida Batista Bonotto Sobrinho 733, 97700000, Santiago-Rio Grande do Sul, Brasil,

**Thaynanh.lima@hotmail.com;juliowincher@gmail.com;mmtusi@urisantiago.br;lucasbrum13@hotmail.com;daniel.krum@hotmail.com;toiacoimbra1@hotmail.com;thuannycouceiro@gmail.com;matheusgorski3@gmail.com**

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima 100, 97105900, Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil, **higormfreitasagro@gmail.com**

<sup>3</sup>Universidade Franciscana (UNIFRA), R. dos Andradas - Centro, Santa Maria - RS, 97010-030- Rio Grande do Sul, Brasil, **paulobasich@hotmail.com**

### RESUMO

O fósforo (P) é um elemento extremamente importante para os vegetais, e está presente no solo em diversas formas, dentre elas o fosforo inorgânico, ocluso, orgânico e o fosforo total, que é a soma de todas as frações. Estas formas podem ser quantificadas de diversas maneiras, o extrator de mehlich 1 quantifica o P disponível para a absorção da planta, preferencialmente, nas formas inorgânicas de  $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ , algumas soluções como o  $H_2SO_4$  são utilizadas para quantificar o fosforo orgânico, já o fósforo total pode ser determinado por Fluorescência de Raio-X. A partir da obtenção desses dados é possível avaliar a quantidade total de fosforo no solo e as formas que poderão em algum momento disponibilizar fosforo para a planta. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial das frações do fósforo nos solos de uma catena do Pampa.

**Palavras-chave:** Fertilidade do solo. Formas de fósforo. Agricultura Digital.

### ABSTRACT

Phosphorus (P) is an extremely important element for plants and is present in the soil in several forms, including inorganic, occluded, organic and total phosphorus, which is the sum of all fractions. These forms can be quantified in several ways, the mehlich 1 extractor quantifies the P available for plant absorption, preferably in the inorganic forms of  $H_2PO_4^-$  and  $HPO_4^{2-}$ , some solutions such as  $H_2SO_4$  are used to quantify the organic phosphorus. Total phosphorus can be determined by X-ray fluorescence. From these data, it is possible to evaluate the total amount of phosphorus, in the soil and the forms that may at some point make phosphorus available to the plant. The present work aimed to evaluate the spatial variability of phosphorus fractions in catena of soils, of Pampa Biome.

**Keywords:** Soil fertility. Phosphorus forms. Digital agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

O fósforo (P) do solo é dividido em inorgânico (Pi) e orgânico (Po), e a participação destas formas na manutenção da disponibilidade de P para as plantas é dependente de vários fatores, dentre eles, a adubação fosfatada. Mudanças na distribuição das formas de P do solo podem também ser associadas ao sistema de preparo do solo, à quantidade de P exportada na colheita, à taxa de reposição do P exportado do sistema e à habilidade das plantas em utilizar as reservas de P das formas menos lábeis (TAKAHASHI; ANWAR, 2007; TIECHER et al., 2012). O fósforo é um elemento pouco móvel, altamente requerido por solos com altos teores de argilas e de matéria orgânica, ainda mais se o solo for bem desenvolvido, pois com o intemperismo sua carga elétrica vai mudando e começa a repelir bases e a reter mais ânions como íons fosfato.

Uma das formas do fósforo no solo é a orgânica, ela é oriunda de resíduos vegetais ou animais, essa forma não é assimilável pela planta, sendo necessária uma transformação para forma inorgânica através de microorganismos, essa transformação denomina-se mineralização, consiste no sequestro de fósforo disponível na solução do solo para aumentar a biomassa microbiana, com o aumento da biomassa ocorre uma maior transformação do fosforo para forma inorgânica, tornando a mineralização maior que a imobilização.

A forma inorgânica é assimilável pela planta, estando presente na solução do solo, principalmente, o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (presente em pH mais ácido) e o  $\text{HPO}_4^{2-}$  (presente em pH mais básico), existe também, a forma inorgânica de fosforo ligado a Fe, Al e Ca, a extração dessas moléculas ocorre pela dissolução ácida dos compostos fosfatados de fraca energia, sendo maior para fosfatos de cálcio, seguido daqueles ligados ao alumínio e, por último, os ligados ao ferro. Na fase inicial de rápida adsorção de P no solo, há uma atração eletrostática inicial, seguida pela adsorção por oxidróxidos, por meio de troca de ligantes (GOLDBERG; SPOSITO, 1985; SANYAL; DE DATTA, 1991, LABOSKI; LAMB, 2003), essa reação é denominada quimiossorção, consiste na troca de ligantes como  $\text{OH}^-$  e  $\text{OH}_2^+$  por íons fosfato.

Sistemas de manejo que promovem aumento de matéria orgânica (MO) no solo, como o sistema plantio direto (SPD), contribuem para o incremento de formas mais lábeis de P, pois os ácidos orgânicos oriundos da decomposição da MO bloqueiam sítios de adsorção por recobrimento dos óxidos de Fe e Al (Zamuner et al., 2008). A inserção de resíduos orgânicos no solo como o esterco, também auxiliam na maior disponibilidade de fósforo para as plantas, pois competem com o sítio de adsorção do fósforo por óxidos, dependendo da estrutura, esses resíduos são mineralizado rapidamente sendo necessário uma reposição constante do mesmo. O fósforo também pode estar retido no interior de oxidróxidos, denominado fósforo ocluso, essa forma é pouco variável, não contribuindo a curto prazo para a disponibilização de P para a planta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial das frações do fósforo nos solos de uma catena do Pampa.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 S), na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Câmpus de Santiago, RS. De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático da região é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação

abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo demonstra feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 m. A área em estudo é formada por polipédons em ordem de desenvolvimento temos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Cambissolo Háplico e Argissolo vermelho, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação.

Foram avaliadas as frações do fósforo em 52 pontos de prospecção, numa malha com intervalos regulares de 15 x 15 m. Para a determinação das frações foi utilizado um trado holandês, tipo TF 3", com caçamba de 0,2 m. Para a locação dos pontos foi utilizado um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélites), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Posicionamento em Tempo Real), referenciado ao datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S. No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi extraído de um Modelo Digital de Elevação (MDE) o índice de umidade do terreno (IUT). A escolha desses atributos para a caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de Wilson e Gallant (2000) e Dlugos (2011).

A obtenção dos atributos do terreno foi realizada conforme as descrições a seguir:

- a) Elevação (m): Foi extraído diretamente do modelo digital de elevação (MDE);
- b) Índice de umidade do terreno (adimensional).

As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm, posteriormente, submetidas a análise no laboratório. Para determinar o P disponível foi utilizado o extrator de Mehlich 1, que é formado por uma mistura de ácidos fortes em baixas concentrações. A extração do fósforo ocorre pela dissolução de compostos fosfatados de fraca energia, sendo mais efetiva para fosfatos de cálcio, alumínio e de ferro, respectivamente.

O fósforo orgânico foi determinado por diferença entre o teor extraído com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M da amostra de solo submetida a ação de temperatura de 550°C, durante uma hora e o teor extraído pela mesma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M, mas de amostra do solo sem calcinar, seguindo o método de CATANI; BATAGLIA (1968).

Já o fósforo total (Pt) foi quantificado por Fluorescência de Raio-X, a amostra foi bombardeada por um tubo de raios-X, o que fez com que os elementos presentes nas amostras emitissem radiação fluorescente, que passa por um cristal analisador onde é difratada e posteriormente identificada (WDS). Como cada elemento possui um conjunto característico de linhas no espectro dos raios-X fluorescentes, é possível identificar quais estão presentes e pela intensidade do pico, quantificar os elementos (FORMOSO et al., 1984). Parte do solo foi inserido num porta amostra com um fundo imposto de polipropileno, posteriormente, essa amostra foi compactada e submetida a máquina de fluorescência, onde foi quantificado o Pt. O P ocluído foi determinado pela subtração do P disponível e do P orgânico do Pt.

A variabilidade dos dados do fracionamento foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística, o coeficiente de variação (CV) é classificada segundo Wilding e Drees (1983) como: baixa para CV ≤ 15%; moderada para 15% < CV ≤ 35%; e alta para CV > 35%. Por se tratar de 52 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com 99 % de significância.

A análise da dependência espacial foi realizada através da geoestatística, com ajuste de um semivariograma teórico considerando a Média dos Erros Preditos (M), a Média dos Erros Padronizada (MS), a Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), a Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e a Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS). Assim, modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a

premissa de que valores de M e MS estejam próximos a zero, e os valores de RMS, ASE e RMSS devem estar próximos de 1 (ESRI, 2016). Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance, no software ArcGIS® 10.5.1.

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Posteriormente, foram gerados os mapas de fracionamento utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, que permitiu um maior detalhamento espacial do fenômeno estudado.

Por fim, para analisar o relacionamento entre as variáveis, efetuou-se a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) entre os valores do fracionamento e os AT's. O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, valores positivos indicam que uma determinada propriedade aumenta em função da outra e valores negativos indicam o inverso. Conforme Evans (1996), as correlações são classificadas como: muito fraca (0,00 até 0,19), fraca (0,20 até 0,39), moderada (0,40 até 0,59), forte (0,60 até 0,79) e muito forte (0,80 até 1).

### 3 RESULTADOS E DISCUÇÕES

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados das frações do fósforo e da Matéria orgânica foi normal ( $p < 0,01$ ).

A análise estatística descritiva indica que os valores das frações e MO possuem média de  $0,49 \text{ mg.dm}^{-3}$ , variando entre  $0,078$  e  $0,802 \text{ mg.dm}^{-3}$  (TABELA 1).

Tabela 1 - Análise estatística descritiva das frações do fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

Formas	Casos	Mín.	Máx.	Méd.	CV (%)	SIG
Pt	52	439,90	1015,20	767,50	16,60	0,78
Pd	52	2,80	7,20	4,70	23,50	0,434
Po	52	134,80	762,30	383,40	46,70	0,443
Poc	52	76,50	818,20	379,40	45,50	0,724
MO	52	3,00	4,00	4,00	10,60	0,802

Legenda: Pt: fósforo total. Pd: Fósforo disponível. Po: Fósforo orgânico. Poc: Fósforo ocluso. MO: Matéria orgânica. Mín: Mínimo. Máx: Máximo. Méd: Médio. CV: Coeficiente de variação. SIG: Significância.

Conforme a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por WILDING e DREES (1983), o fosforo total e o disponível foram classificados como moderado, o orgânico e o ocluso alto, e a matéria orgânica baixa.

O fósforo total avaliado nesse trabalho teve a média inferior ao trabalho feito por Catani e Bataglia (1968) por conta de serem solos pouco desenvolvidos na sua maioria, contendo maior quantidade de Neossolos na catena, e ser agricultável à pouco tempo, tendo pouco estoque de fósforo ocasionado por adubação. Seguindo esse raciocínio, o fósforo orgânico foi menor que os

autores supracitados estudando um Latossolo Vermelho. Na catena em estudo, a rotação de culturas é comum, sendo assim, ocorre uma maior diversidade de microrganismos no solo, que por sua vez, são responsáveis pela mineralização do fósforo orgânico do solo, ocasionando sua diminuição.

O fósforo ocluído avaliado teve média inferior se comparado ao trabalho realizado no Latossolo Vermelho, por ser mais intemperizado, é mais rico em óxidos, em sua maioria de ferro e alumínio, onde o fósforo vai se reter mais do que em um Neossolo, que é pouco desenvolvido e por sua vez possui uma menor quantidade de óxidos em seu perfil.

Analisando os dados expostos, se pode inferir que a matéria orgânica apresenta uma correlação positiva com o fósforo orgânico, sendo diretamente proporcional (TABELA 2).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson para as frações do fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

		<b>P orgânico</b>	<b>MO</b>
Po	Pearson correlation	1	0,368**
MO	Pearson correlation	0,368**	1

Legenda: Po: fósforo orgânico. MO: matéria orgânica

O efeito pepita indica a variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY 1986). O patamar é um parâmetro de grande importância, que conforme Cambardella et al. (1994), está relacionado com a determinação do alcance, ou seja, sendo o limite entre a dependência espacial e a independência espacial dos dados, assim, determina qual o método estatístico deve ser utilizado para a realização da análise dos dados, como também na definição da mínima distância entre os pontos amostrais. O alcance é um critério importante para estudos de geoestatística, que significa a distância máxima que a variável em estudo está correlacionada espacialmente (DAVIS, 1986), ou seja, maiores valores de alcance contribuem para uma maior confiança nas estimativas feitas (CORÁ, 2006). Assim, pode-se afirmar que a malha amostral do presente estudo foi eficiente para a descrição das variáveis com exatidão e que, o erro experimental foi nulo para a maioria das variáveis estudadas, ou seja, a variância foi explicada em sua totalidade. A Tabela 3 mostra os parâmetros obtidos nos ajustes dos semivariogramas.

Os modelos digitais apresentados na Figura 1, exibem a variabilidade espacial das diferentes frações do fósforo e da matéria orgânica, o fósforo total contém maiores teores na porção central do terço médio e do terço inferior da encosta. Já o fósforo disponível se concentra em maior quantidade no terço superior, onde os solos são mais desenvolvidos e por sua vez, retém mais ânions, como fosfatos, que aparecerão na análise feita por Mehlich 1.

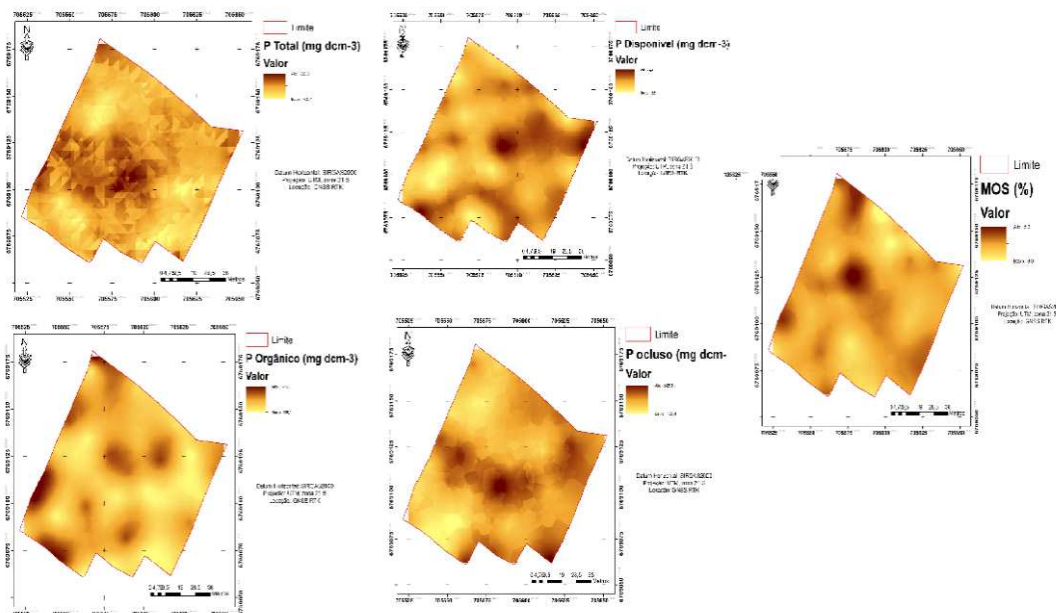
O fósforo orgânico é distribuído nas áreas com maiores quantidades de matéria orgânica, pois possuem uma correlação. Por fim, o fósforo ocluído se detém na parte média e superior da catena, pois nessas áreas o solo é mais desenvolvido, conseqüentemente possui uma maior quantidade de óxidos que tornarão esse fósforo ocluído (FIGURA 1).

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade das frações de fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

Formas	Pt	Pd	Po	Poc	MO
Modelo	Stable	Circular	Esférico	Exponencial	Exponencial
Pepita	0,000	0,000	0,000	9012,102	0,000
Patamar	0,780	1,321	33118,743	22981,885	0,205
Alcance	28,840	27,500	27,500	28,84	28,840
M	-5,930	0,001	-4,172	-1,418	0,004
RMS	139,884	1,508	217,292	182,644	0,491
MS	-0,039	-0,005	-0,019	-0,006	0,007
RMSS	1,023	1,631	1,373	1,019	1,290
ASE	136,826	0,928	158,918	178,008	0,389
DE	Forte	Forte	Forte	Moderado	Forte
GDE (%)	0,000	0,000	0,000	39,210	0,000

Legenda: Pt: fósforo total. Pd: Fósforo disponível. Po: Fósforo orgânico. Poc: Fósforo ocluso. MO: Matéria orgânica. M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. DE: Dependência Espacial. GDE: Grau de Dependência Espacial.

Figura 1 – Mapas da distribuição espacial das frações do fósforo e matéria orgânica.



Conforme a Tabela 4, quanto maior o índice de umidade do relevo, maior é a quantidade de matéria orgânica; o terço médio também possui baixa elevação, por sua vez, possui mais matéria orgânica. No terço médio ocorre um maior fluxo de água, com canais de escoamento, e retém mais umidade no solo, essa umidade modifica a população de microorganismos, que passam de aeróbicos para anaeróbicos, que por sua vez, degradam mais lentamente a MO, tornando-a mais abundante nessas áreas.

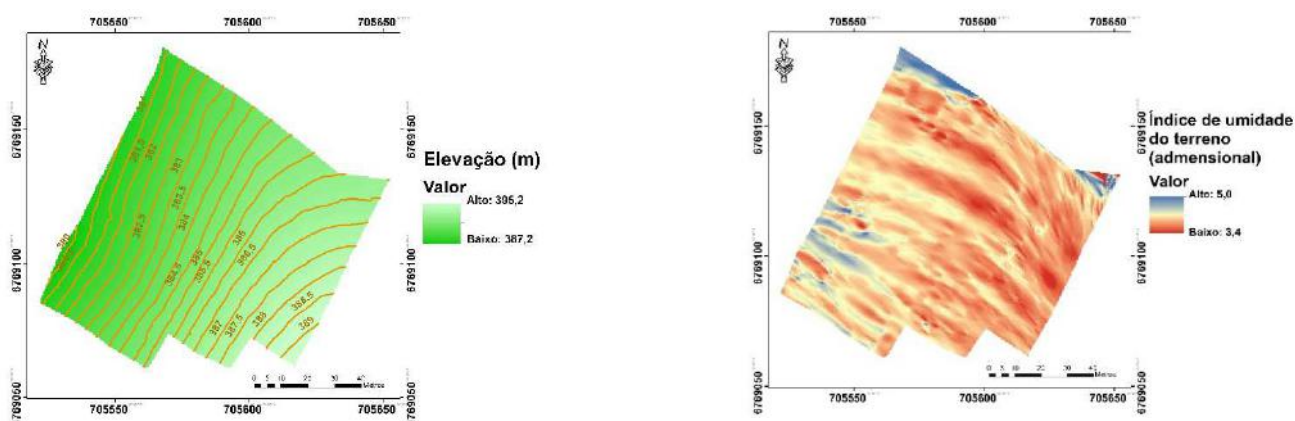


Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson para as frações do fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

	Pt	Pd	Po	Poc	MO	MDE	IUT
Pt	1	-0,023	0,408*	0,315*	0,286*	-0,065	0,152
Pd	-0,023	1	0,206	-0,237	0,048	0,247	-0,158
Po	0,408*	0,206	1	-0,738*	0,368*	-0,356*	0,350*
Poc	0,315*	-0,237	-0,738*	1	-0,171	0,320*	-0,251
MO	0,286*	0,048	0,368*	-0,171	1	-0,122	-0,077
Dem	-0,065	0,247	-0,356*	0,320*	-0,122	1	-0,411*
IUT	0,152	-0,158	0,350*	-0,251	-0,077	-0,414*	1

Legenda: Pt: fósforo total. Pd: Fósforo disponível. Po: Fósforo orgânico. Poc: Fósforo ocluso. MDE: Modelo digital de elevação. IUT: Índice de umidade do terreno.

Figura 2 – Mapas da distribuição espacial dos atributos de terreno de uma catena de solos do Pampa.



#### 4 Conclusões

Foi observada a variabilidade espaço-temporal das frações do fósforo numa catena de solos do Pampa. E essa variabilidade está relacionada com as variações geomorfológicas e pedológicas da catena.

O fósforo orgânico apresentou uma correlação positiva com a matéria orgânica.

A intensidade amostral foi de suma importância para o resultado acurado na predição das variáveis.

#### REFERÊNCIAS

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CATANI, R.A.; BATAGLIA, O.C. Formas de ocorrência de fósforo no solo Latossólico Roxo. **Anais da ESALQ**, v.25, p.99-119, 1968.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 374-387, 2006.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. 2 ed. New York: John Wiley, 1986. 646p.

DLUGOŚ, V.; FIENER, P.; VAN OOST, K.; SCHNEIDER, K. Model based analysis of lateral and vertical soil carbon fluxes induced by soil redistribution processes in a small agricultural catchment. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 37, p. 193–208, 2012.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2016.

FORMOSO, M.L.L et al. (1984) **Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas À Geologia**. São Paulo, Secretaria do Estado da Indústria e do Comércio, Ciência e Tecnologia

GOLDBERG, S. & SPOSITO, G. On the mechanism of specific phosphate adsorption by hydroxylated mineral surfaces: A review. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.*, 16:801-821.1985.

LABOSKI, C.A.M & LAMB, J.A. Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. *Soil sci. Soc. Am. J.*, 67:544-544, 2003)

McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v. 37, p. 617-639, 1986.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre**: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Seção de Geografia, 1961. 46p.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, p.576-586, 2008.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965.

TAKAHASHI, S.; ANWAR, M.R. Wheat grain yield, phosphorus uptake and soil phosphorus fraction after 23 years of annual fertilizer application to an Andosol. **Field Crops Research**, v.101, p.160-171, 2007. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.11.003.

TIECHER, T.; SANTOS, D.R. dos; KAMINSKI, J.; CALEGARI, A. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.271-281, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000100028

WILDING, L.P.; DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. (Eds.) **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. p.83-116.

ZAMUNER, E.C.; PICONE, L.I.; ECHEVERRIA, H.E. Organic and inorganic phosphorus in Mollisol soil under different tillage practices. **Soil and Tillage Research**, v.99, p.131-138, 2008. DOI: 10.1016/j.still.2007.12.006.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis (Ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: Wiley & Sons, 2000. 27p.

## QUANTIFICAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE C-CO<sub>2</sub> PELA DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES RESÍDUOS VEGETAIS COM VISTAS A ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

*Quantification of the release of C-CO<sub>2</sub> by the decomposition of  
different plant residues with a view on the adoption of precision  
agriculture*

Mayara Torres Mendonça <sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço <sup>2</sup>, Amanda Romeiro Alves <sup>3</sup>, Daniel Boeno <sup>4</sup>, Joane Cella Turchatto <sup>5</sup>, Letiéri da Rosa Freitas <sup>6</sup>, Thais Palumbo Silva <sup>7</sup>, Suélen Matiasso Fachi <sup>8</sup>, Raí Ferreira Batista <sup>9</sup>, Rômulo Bock <sup>10</sup>, Henrique Eguilhor Rodrigues <sup>11</sup>, Gessieli Possebom <sup>12</sup>, Tiago Gonçalves Lopes <sup>13</sup>

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13

Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima 1000, 97105-150, Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil, [mayaratorres@id.uff.br](mailto:mayaratorres@id.uff.br); [airtonalonco@gmail.com](mailto:airtonalonco@gmail.com); [romeiroalves@gmail.com](mailto:romeiroalves@gmail.com); [danielboeno99@gmail.com](mailto:danielboeno99@gmail.com); [joanecella@hotmail.com](mailto:joanecella@hotmail.com); [letierifreitas@gmail.com](mailto:letierifreitas@gmail.com); [suelenmfachi@outlook.com](mailto:suelenmfachi@outlook.com); [ferreira.raibatista@gmail.com](mailto:ferreira.raibatista@gmail.com); [romulobock1994@gmail.com](mailto:romulobock1994@gmail.com); [henrique\\_eguilhor@hotmail.com](mailto:henrique_eguilhor@hotmail.com); [gessielip@hotmail.com](mailto:gessielip@hotmail.com); [tiagoglopes@yahoo.com](mailto:tiagoglopes@yahoo.com)

### RESUMO

É a partir do conhecimento de CO<sub>2</sub> liberado no solo que se planeja a quantidade de adubos e corretivos a serem aplicados. Sendo assim, facilita a adoção da prática da Agricultura de Precisão. A decomposição de diferentes resíduos vegetais depende das condições climáticas do local, do tipo de solo, da vegetação, da fauna e micro-organismos decompositores. Os micro-organismos atuam de forma direta ou indireta na decomposição de resíduos orgânicos. Além disso, a qualidade dos resíduos influencia significativamente a atividade microbiana. O trabalho objetivou avaliar a quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberado na decomposição de diferentes resíduos vegetais. O experimento foi realizado no laboratório de microbiologia de solo localizado na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. A atividade microbiana foi avaliada pela liberação de CO<sub>2</sub> no solo. Como resultado, observa-se que a incorporação de glicose + substrato úmido obtiveram maior taxa de decomposição e liberação de C-CO<sub>2</sub>.

**Palavras-Chave:** Micro-organismos. Agricultura de Precisão. Decomposição.

### ABSTRACT

It is from the knowledge of CO<sub>2</sub> released into the soil that the amount of fertilizers and correctives to be applied is planned. Thus, it facilitates the adoption of the practice of Precision Agriculture. Decomposition of different plant residues depends on the local weather conditions, soil type, vegetation, fauna and decomposing microorganisms. Microorganisms act directly or indirectly in the decomposition of organic waste. In addition, the quality of the waste significantly influences the microbial activity. The work aimed to evaluate the amount of C-CO<sub>2</sub> released in the decomposition of different plant residues. The experiment was

carried out in the soil microbiology laboratory located in the Federal University of Santa Maria - UFSM. The microbial activity was evaluated by the release of CO<sub>2</sub> in the soil. As a result, it was observed that the incorporation of glucose+wet substrate obtained a higher rate of decomposition and release of C-CO<sub>2</sub>.

**Keywords:** Microorganisms. Precision Agriculture. Decomposition.

## 1 INTRODUÇÃO

A importância de manter os resíduos orgânicos no solo, se torna de fácil entendimento quando é realizada uma análise na sua contribuição a qualidade do solo, sendo a diminuição da densidade, melhor agregação, aumento da umidade, ciclagem de nutrientes, maior atividade microbiana e enzimática, aumento do carbono orgânico e do nitrogênio (BELO et al., 2012). Durante a decomposição, importantes micro-organismos regulam os principais processos que ocorrem no solo, sendo eles, o fluxo de carbono e ciclagem de nutrientes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os micro-organismos atuam em diversos processos fundamentais no sistema solo-planta, participando direta ou indiretamente na decomposição da matéria orgânica, além da mineralização, imobilização orgânica, solubilização, precipitação e volatilização de elementos como carbono, nitrogênio, enxofre, fósforo, hidrogênio, oxigênio, potássio, entre outros (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A atividade da microbiota do solo é afetada tanto por fatores bióticos como abióticos, a adição de resíduos no solo, por exemplo, pode estimular a atividade microbiana em função da presença de compostos energéticos necessários para os processos metabólicos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; LUZ, 2007; CAPUANI et al. 2012).

O processo de decomposição dos resíduos orgânicos é complexo e está relacionado com as características químicas, físicas e biológicas do solo. Consiste na despolimerização dos materiais orgânicos resultando em moléculas menores, passíveis de serem absorvidas nas células microbianas. Este processo envolve organismos presentes na macro e mesofauna do solo (fragmentação dos materiais) e micro-organismos (despolimerização), sendo fortemente influenciado pelas condições ambientais e composição dos resíduos (WISNIEWSKI e HOLTZ, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; LUZ, 2007).

Condições ambientais como temperatura, umidade, pH e aeração influenciam fortemente a atividade microbiana, assim como a velocidade de decomposição dos materiais orgânicos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Reis e Rodela (2002) observaram maior atividade microbiana, mineralização de resíduos vegetais e liberação de C-CO<sub>2</sub> quando a temperatura de incubação foi elevada de 20 para 30 °C. Os autores ainda verificaram maior taxa de mineralização da vinhaça em condições de baixa acidez.

Quanto à composição dos resíduos, os materiais vegetais com altos teores de açúcares, proteínas e amido são rapidamente decompostos e mineralizados pela população microbiana produzindo CO<sub>2</sub> e biomassa, enquanto materiais ricos em lignina são persistentes no solo, sendo de difícil decomposição (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A decomposição também é acelerada em resíduos vegetais com altos teores de nitrogênio, baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) (WISNIEWSKI e HOLTZ, 1997; VARGAS e SCHOLLES, 2000; ASSIS et al. 2003; SEVERINO et al. 2004) onde verifica-se maior taxa de liberação de C-CO<sub>2</sub> e condições mais favoráveis a mineralização de N (VARGAS e SCHOLLES, 2000).

Luz (2007) avaliando a dinâmica do carbono durante a decomposição de palha de trigo e dejetos de suínos observou que a mineralização da palha de trigo aumentou quando esta foi mantida em superfície e adicionado dejetos líquido de suíno rico em nitrogênio. Por sua vez, em

experimento a campo Aita et al. (2006) não observaram alteração na velocidade de decomposição da palha de aveia preta pela aplicação de dejetos de suínos. Vargas e Scholles (2000) observaram que o cultivo consorciado com leguminosas proporcionou condições mais favoráveis à mineralização do nitrogênio e maior atividade microbiana e liberação de C-CO<sub>2</sub>.

Atualmente, as pesquisas relacionadas à produtividade associada com a sustentabilidade, no Brasil, têm demonstrado grande avanço. O uso de novas tecnologias é essencial para esta progressão, e por meio desse contexto, a Agricultura de Precisão tem um papel fundamental. A agricultura de precisão utiliza-se máquinas e equipamentos para distribuir os insumos de forma adequada com a análise de solo, procurando reduzir o impacto ambiental e aumentar a produtividade.

Considerando-se a importância da microbiota do solo na dinâmica de decomposição dos resíduos orgânicos e o entendimento dos fatores que regulam estes processos no solo, objetivou-se avaliar a decomposição de diferentes resíduos vegetais pela quantificação da liberação de C-CO<sub>2</sub>.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de microbiologia do solo localizado nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foi utilizado o método da respirometria para avaliação da atividade microbiana (decomposição de resíduos e crescimento microbiano) no solo pela captura de CO<sub>2</sub> em uma quantidade conhecida da solução alcalina de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L<sup>-1</sup> titulado com o ácido clorídrico (HCl) 1 mol L<sup>-1</sup>. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada do solo é determinada a partir da quantidade de NaOH que reagiu com o CO<sub>2</sub> (consumo de NaOH).

Foram utilizados dez tratamentos: solo seco ao ar (T1), solo úmido a 80% da capacidade de campo (T2), solo saturado (T3), solo úmido + 125 mg de glicose (T4), solo úmido + 125 mg de palha leguminosa (T5), solo úmido + 125 mg de palha gramínea (T6), solo seco ao ar + 125 mg de palha gramínea (T7), solo saturado + 125 mg de palha gramínea (T8), solo saturado + 125 mg de palha gramínea + 50 mg KNO<sub>3</sub> (T9) e prova em branco – sem solo (T10). As amostras de solo (100 gramas) foram incubadas em frascos de vidro com volume de 500 mL constituindo as unidades experimentais. Em seguida, adicionou-se o aditivo orgânico (tratamento) no frasco e a mistura foi procedida com o auxílio de uma espátula. Inseriu-se a quantidade de água de acordo com o tratamento, na capacidade de campo ou alagado (Figura 1).

Figura 1: Montagem dos frascos com seus respectivos tratamentos.



O frasco receptor de CO<sub>2</sub> (becker de 50 mL) juntamente com 10 mL de NaOH foram colocados dentro das unidades experimentais. Por final, os frascos foram hermeticamente fechados com tampas vedantes. Os frascos permaneceram incubados na temperatura de 25 °C durante uma semana. Posteriormente a esse período, realizou-se a titulação do excesso de NaOH com HCl. Com cuidado, o frasco coletor de CO<sub>2</sub> foi removido e adicionou-se 3 mL de BaCl<sub>2</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>. A determinação da quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberado foi realizado pelo método de titulometria, com a utilização de HCl a 1 molar, usando-se como indicador a fenolftaleína a 1% (três gotas). Efetuou-se a preparação de uma prova em branco, com a mesma quantidade de NaOH (10 mL) (Figura 2).

Figura 2: Aplicação do método de titulometria para determinar a quantidade de C-CO<sub>2</sub> liberado.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisarmos os teores de C-CO<sub>2</sub> liberados, constatou-se diferença entre os tratamentos, onde o maior valor foi obtido no tratamento 3 (adição de glicose), seguido pelos tratamentos 4, 6 e 8 com adição de palha de ervilhaca (leguminosa) triturada ou picada, em solo úmido/seco (Figura 3 e Tabela 1).

A glicose é um composto orgânico prontamente assimilável sendo rapidamente transformado em CO<sub>2</sub> e biomassa pela população microbiana (Moreira e Siqueira, 2006), assim o tratamento com adição de glicose obteve a maior mineralização aparente e maiores conteúdos liberados de C-CO<sub>2</sub> em comparação aos demais tratamentos, sendo que o teor de umidade contribui para essa rápida transformação.

A decomposição dos resíduos culturais de ervilhaca e trigo foi favorecida pela redução do tamanho dos resíduos, onde se observa maior mineralização aparente nos resíduos triturados em comparação aos resíduos picados. Provavelmente o aumento da área de contato entre resíduo triturado e microrganismo proporcionou condições mais favoráveis a decomposição.

Os resíduos de ervilhaca sejam picados ou triturados resultaram em maior liberação de C-CO<sub>2</sub> em relação aos resíduos de trigo. Segundo Moreira e Siqueira (2006) a composição dos resíduos é um dos aspectos determinantes na sua degradabilidade, resíduos com elevado teor de sólidos solúveis e nitrogênio e baixo teor de celulose e lignina são decompostos facilmente. A ervilhaca é uma leguminosa de baixa relação C/N o que favorece a sua maior decomposição em

comparação ao trigo com alta relação C/N.

Figura 3 – Quantidade de carbono mineralizado em relação à inicial adicionado sob diferentes tratamentos como condicionantes da atividade microbiana, Santa Maria, 2017.

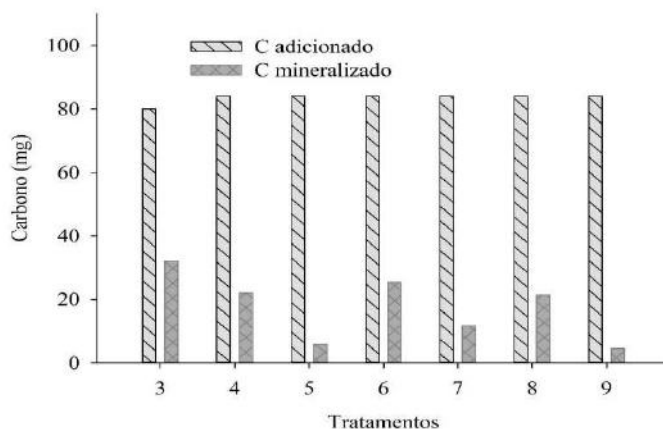


Tabela 1. Massa e volume de reagente e carbono utilizados para o procedimento. Santa Maria, 2017

Tr	Ref	HCl (mL)	CO <sub>2</sub> (mg)	Vmin (mg CO <sub>2</sub> /h)	CCO (mg)
1	ss	9,33	4,18	0,02	1,14
2	su	9,03	10,78	0,06	2,94
3	su + glicose	3,68	128,48	0,76	35,07
4	su + palha ervilhaca	5,37	91,30	0,54	24,92
5	su + palha trigo	8,05	32,34	0,19	8,83
6	ss + palha ervilhaca	5,10	97,24	0,58	26,25
7	ss + palha trigo	7,39	46,86	0,28	12,79
8	su + p ervilhaca picada	5,48	88,88	0,53	24,26
9	su + palha trigo picada	8,28	27,21	0,16	7,45

Maluf et al. (2015) avaliando a decomposição de resíduos culturais de diferentes espécies observaram maior emissão de C-CO<sub>2</sub> nos tratamentos com estilosantes (menor relação C/N) e braquiária (menor relação lignina/N). Assim, os autores concluíram que a decomposição dos resíduos culturais foi diretamente proporcional aos teores de N e extratos solúveis em água. Aita e Giacomini (2003) evidenciaram maior velocidade de decomposição dos resíduos de ervilhaca solteira em comparação aos resíduos de aveia solteira e aveia + ervilhaca, onde a velocidade de decomposição dos resíduos foi inversamente proporcional as relações C/N e lignina/N e diretamente proporcional aos teores de N total da fitomassa e C na fração solúvel.

Vargas e Scholles (2000); Monteiro et al., (2002); Assis et al., (2003) e Keller (2015) também constataram maior liberação de C-CO<sub>2</sub> e aumento da atividade microbiana no solo após a adição de resíduos de espécies leguminosas com baixa relação C/N, concordando com os resultados obtidos neste estudo.



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação de glicose ao solo úmido proporcionou maior mineralização aparente e liberação de C-CO<sub>2</sub>. A mineralização dos resíduos vegetais foi favorecida pela redução do tamanho dos fragmentos dos resíduos. Os resíduos de ervilhaca (triturados ou picados) apresentaram maior decomposição em comparação aos resíduos de trigo. A partir desses resultados, facilita-se a adoção de práticas da Agricultura de Precisão.

#### REFERÊNCIAS

- AITA, C. et al. Decomposição de palha de aveia-preta e dejetos de suínos em solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.149-161, 2006.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 27, n. 4, 2003.
- BELO, E. S. et al. Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um latossolo vermelho de cerrado. **Global science and technology**, Rio Verde, v. 05, n. 03, p. 107–116, 2012.
- CAPUANI, S. et al. Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 1269-1274, 2012.
- KELLER, C. **Dinâmica do efluxo de CO<sub>2</sub> e da decomposição de resíduos afetada pelo tipo de cultura de cobertura e sistema de preparo**. (Dissertação). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- LUZ, L. P. da. **Dinâmica do carbono durante a decomposição de palha de trigo marcada com <sup>13</sup>C e dejetos líquidos de suínos**. (Dissertação). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- MALUF, H. J. G. M. et al. Decomposição de Resíduos de Culturas e Mineralização de Nutrientes em Solo com Diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, 2015.
- MONTEIRO, H. C. de F. et al. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2002.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- REIS, T. C.; RODELLA, A. A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, n. 3, 2002.
- SOARES SEVERINO, Liv et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de

cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 5, n. 1, 2005.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo: Microbial biomass and C-CO<sub>2</sub> and mineral nitrogen production in paleudult soil cultivated under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2000.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.

## APÊNDICE

### Memorial de Cálculos

- a) Gasto HCL (mL)
- b) CO<sub>2</sub> (mg)

$$mg \cdot CO_2 = (Vb - Vt) \cdot N \cdot 22$$

**Onde:** Vb é o valor de HCl para titular o branco;  
Vt é o valor de HCl para titular o tratamento;  
N é normalidade do HCl;  
22 é equivalente grama entre NaOH e CO<sub>2</sub>

#### Tratamento 1

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 9,53) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 4,18$$

#### Tratamento 2

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 9,03) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 10,78$$

#### Tratamento 3

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 3,68) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 128,48$$

#### Tratamento 4

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 5,37) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 91,30$$

#### Tratamento 5

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 8,05) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 32,34$$

#### Tratamento 6

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 5,1) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 97,24$$

#### Tratamento 7

$$mg \cdot CO_2 = (9,52 - 7,39) \cdot 1 \cdot 22$$
$$mg \cdot CO_2 = 46,86$$

**Tratamento 8**

$$\text{mg} \cdot \text{CO}_2 = (9,52 - 5,48) \cdot 1 \cdot 22$$
$$\text{mg} \cdot \text{CO}_2 = 88,88$$

**Tratamento 9**

$$\text{mg} \cdot \text{CO}_2 = (9,52 - 8,28) \cdot 1 \cdot 22$$
$$\text{mg} \cdot \text{CO}_2 = 27,28$$

c) Velocidade de Mineralização ( $\text{mg CO}_2 \text{h}^{-1}$ )

$$\text{veloc} = \frac{\text{CO}_2}{\text{Tempo}}$$

**Tratamento 1**

$$\text{veloc} = \frac{4,18}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,02$$

**Tratamento 2**

$$\text{veloc} = \frac{10,78}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,06$$

**Tratamento 3**

$$\text{veloc} = \frac{128,48}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,76$$

**Tratamento 4**

$$\text{veloc} = \frac{91,30}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,54$$

**Tratamento 5**

$$\text{veloc} = \frac{32,34}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,19$$

**Tratamento 6**

$$\text{veloc} = \frac{97,24}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,58$$

**Tratamento 7**

$$\text{veloc} = \frac{46,86}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,28$$

**Tratamento 8**

$$\text{veloc} = \frac{88,88}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,53$$

**Tratamento 9**

$$\text{veloc} = \frac{27,28}{168}$$
$$\text{veloc} = 0,16$$

**d) C-CO<sub>2</sub> (mg)**

$$C - CO_2 = \text{Peso Molecular} \cdot CO_2$$

**Tratamento 1**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 4,18$$

$$C - CO_2 = 1,14$$

**Tratamento 2**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 10,78$$

$$C - CO_2 = 2,94$$

**Tratamento 3**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 128,48$$

$$C - CO_2 = 35,08$$

**Tratamento 4**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 91,30$$

$$C - CO_2 = 24,92$$

**Tratamento 5**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 32,34$$

$$C - CO_2 = 8,83$$

**Tratamento 6**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 97,24$$

$$C - CO_2 = 26,55$$

**Tratamento 7**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 46,86$$

$$C - CO_2 = 12,79$$

**Tratamento 8**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 88,88$$

$$C - CO_2 = 24,26$$

**Tratamento 9**

$$C - CO_2 = 0,273 \cdot 27,28$$

$$C - CO_2 = 7,45$$

**e) C adicionado (mg)**

**Tratamento 3:**

200 mg Glicose x 40% C = 80 mg

**Restante dos Tratamentos:**

200 mg Palha x 42% C = 84 mg

f) C mineralizado (% do C adicionado)

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(C - CO_2 \text{ trat com sub} - C - CO_2 \text{ trat sem substrato})}{C \text{ adicionado}} \times 100$$

**Tratamento 3**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(35,08 - 2,94)}{80} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

**Tratamento 4**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(24,92 - 2,94)}{84} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

**Tratamento 5**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(8,83 - 2,94)}{84} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

**Tratamento 6**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(26,55 - 1,14)}{84} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

**Tratamento 7**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(12,79 - 1,14)}{84} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

**Tratamento 8**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(24,26 - 2,94)}{84} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

**Tratamento 9**

$$C \text{ mineralizado} = \frac{(7,45 - 2,94)}{84} \times 100$$
$$C \text{ mineralizado} = 40,2$$

## MEMÓRIA DIGITAL GERADA NO MAPEAMENTO GEORREFERENCIADO DE PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLO

### *Digital Memory Generated in Georeferenced Mapping of Chemical and Soil Physical Properties*

Luís Felipe Rossetto Gerlach<sup>1</sup>, Antônio Luis Santi<sup>2</sup>, Felipe Artur Baron<sup>1</sup>, Fagner Augusto Rontani<sup>1</sup>, Mariana Poll Moraes<sup>1</sup>, Cleonice Ines Jung<sup>1</sup>, João Pedro Cunha Arruda<sup>1</sup>, Vinicius da Silva Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Faguense, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, [lfelipeross@hotmail.com](mailto:lfelipeross@hotmail.com), [felipe.baron@hotmail.com](mailto:felipe.baron@hotmail.com), [fagner\\_rontani@outlook.com](mailto:fagner_rontani@outlook.com), [maripollmoraes@gmail.com](mailto:maripollmoraes@gmail.com), [cleonicejung@hotmail.com](mailto:cleonicejung@hotmail.com), [joaopedroarruda15@gmail.com](mailto:joaopedroarruda15@gmail.com), [vinicius.miguel.vsm@outlook.com](mailto:vinicius.miguel.vsm@outlook.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Sete de Setembro, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil, [santi\\_pratica@yahoo.com.br](mailto:santi_pratica@yahoo.com.br)

### RESUMO

A agricultura digital está cada vez mais constante na rotina do produtor brasileiro, nas últimas décadas a evolução tecnológica permitiu o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados. Porém todas essas informações ainda não são utilizadas em todo seu potencial, surgindo então uma nova forma de gestão da propriedade, o uso de plataformas digitais. O trabalho teve como objetivo quantificar o volume de dados gerados pela confecção de mapas de atributos de solo. Com base em 13 diferentes áreas com AP na região Norte do estado do Rio Grande do Sul na safra 2018/2019, confeccionou-se mapas de diagnóstico de fertilidade, de resistência a penetração e mapas de aplicação de fertilizantes e corretivos, calculou-se o volume de dados produzidos (em Kb) pelos diferentes tipos de mapas. Observou-se que os mapas de aplicação geraram um valor muito maior de dados que os demais mapas, tendo em média 21.599,31 kb produzidos por mapa, em comparação a 571,54 kb dos mapas de fertilidade e 232,95 kb dos mapas de RP. A quantidade de dados gerados chega a patamares de milhares de Kb em uma única safra.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Big Data. Agricultura Digital.

### ABSTRACT

The Digital agriculture is increasingly constant in the routine of the Brazilian producer, in recent decades the technological evolution has allowed the storage and processing of large volumes of data. However, all this information is not yet used to its full potential, and a new form of property management has emerged, the use of digital platforms. The objective of this work was to quantify the volume of data generated by the mapping of soil attribute maps. Based on 13 different PA areas in the northern region of the state of Rio Grande do Sul in the 2018/2019 crop, fertility diagnosis, penetration resistance maps and fertilizer and corrective application maps were prepared. volume of data produced (in Kb) by the different map types. It was observed that application maps generated a much higher value of data than the other maps, with an average of 21,599.31 kb produced per map, compared to 571.54 kb of fertility maps and 232.95 kb of map maps. RP. The amount of data generated reaches levels of thousands of Kb in a single crop.

**Keywords:** Precision Agriculture. Big data. Digital agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a agricultura teve várias transformações, sendo que com a evolução da informática a agricultura de precisão e a agricultura digital estão cada vez mais constantes na rotina do produtor brasileiro. A modernização de tecnologias em geoprocessamento, de sistemas de posicionamento global e de muitas outras tecnologias, está modificando completamente a forma de se trabalhar no campo (TSCHIEDEL, 2002).

No mundo contemporâneo, onde as informações estão cada vez mais globalizadas, os avanços em tecnologias da informação e comunicação estarão presentes na rotina das mais variadas áreas, até mesmo na agricultura, já que toda a modernização na AP está acompanhada da evolução na área de informação, na área digital (MASSRUHÁ; LEITE 2016).

Além de novas práticas e ferramentas, as Agricultura de Precisão e agricultura digital prometem aumento da produtividade das lavouras, através da capacidade de coletar, usar e trocar dados remotamente. As Tecnologias de informação e comunicação têm contribuído, de forma impactante a fim de permitir o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados, esse processamento permite automatização de vários processos (MASSRUHÁ; LEITE 2016).

A agricultura de precisão (AP) é uma das áreas da agricultura que está diretamente ligada a geração, armazenamento, controle e uso de dados, já que a mesma precisa ter o conhecimento da variabilidade espacial e temporal encontradas em cada área da propriedade. Para compreender o comportamento das culturas é fundamental ter o conhecimento da variabilidade do solo, com isso podendo realizar tomadas de decisões baseadas em informações mais precisas e empregar o manejo sustentável mais adequado conforme a necessidade da área (RESENDE et. al, 2010).

O mapeamento das propriedades químicas e físicas do solo é de grande importância para a identificação da variabilidade temporal e espacial da área, esses mapas geram uma grande quantidade de informações (dados), as quais não são aproveitadas em todo seu potencial, com isso, se fazendo necessário o desenvolvimento de ferramenta analíticas e de integração de dados, além também de soluções para armazenar, processar e gerir essa grande quantidade de informações (GIACHETTO; HIGA, 2014), a fim de melhorar ainda mais a forma de gerir a propriedade.

Com a demanda pelo controle e processamento de dados, buscou-se uma nova forma de gerir a propriedade, fazendo o uso de plataformas digitais. Essas plataformas, por sua vez, armazenam essas informações em servidores, os quais demandam de manutenção e geram um custo para as empresas detentoras das plataformas, com isso saber sobre o volume de dados gerados em AP proporciona uma certa previsão sobre os custos desse armazenamento, gestão e processamento

O objetivo do presente trabalho foi de mensurar o volume de dados gerados através do mapeamento georreferenciado de atributos químicos e físico de solo, e dos mapas de recomendação de adubação e calagem a taxa variada a ser armazenado, processado e gerido por uma plataforma digital.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em 13 áreas agrícolas localizadas na região Norte do estado do Rio Grande do Sul, totalizando uma área de 1.194,05 há, sendo que todas as áreas estudadas têm histórico de manejo com a adoção de práticas de AP (Tabela 1).

Tabela 1 – Tamanho em hectares das diferentes áreas estudadas, sua respectiva localização e número de pontos amostrais obtidos por área

Área a	Município	Tamanho da Área (ha)	Número de pontos mostrais
1	Pontão	50,0	50
2	Quatro Irmãos	58,0	58
3	Coxilha	60,0	60
4	Coxilha	70,0	70
5	Condor	73,4	73
6	Boa Vista das Missões	74,0	148
7	São Miguel das Missões	82,3	82
8	Cruz Alta	86,3	86
9	Capão Bonito do Sul	92,0	92
10	Pejuçara	105,0	105
11	Tupanciretã	133,0	133
12	Condor	142,0	142
13	Seberi	168,0	168

Fonte: ConnectFarm/CDP

As coletas das amostras de solo foram realizadas em duas profundidades, sendo a primeira na profundidade de 0 a 0,15 m, e a segunda de 0,15 a 0,30m no mesmo local, utilizando grade amostral de um hectare (100m x100m), cada amostra foi composta por oito sub amostras realizadas em um círculo a até 10m do ponto amostral, essas coletas foram feitas utilizando um trado de rosca acoplado a um quadriciclo.

Foi realizado a análise química das amostras de solo pelo laboratório de solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os atributos avaliados foram: teor de argila (%), pH em H<sub>2</sub>O, pH SMP, teor de fósforo (P em mg/dm<sup>3</sup>), teores de potássio (K em mg/dm<sup>3</sup>) teor de matéria orgânica (%), teores de alumínio (Al em cmolc/dm<sup>3</sup>), teores de cálcio (Ca em cmolc/dm<sup>3</sup>), teores de magnésio (Mg em cmolc/dm<sup>3</sup>), valores de Al+H (cmolc/dm<sup>3</sup>), valores de CTC (cmolc/dm<sup>3</sup>), valores de saturação de bases (%), valores de saturação por alumínio (%), relação Ca/Mg, relação Ca/K, teores de enxofre (S em mg/dm<sup>3</sup>), teores de zinco (Zn em mg/dm<sup>3</sup>), teores de cobre (Cu em mg/dm<sup>3</sup>), teores de boro (B em mg/dm<sup>3</sup>) e teores de manganês (Mn em mg/dm<sup>3</sup>).

Além das coletas de solo, foi realizada a avaliação física de resistência a penetração (RP), utilizando um penetrômetro digital automático Falker, também acoplado ao quadriciclo, essa avaliação foi realizada na profundidade de 0 a 60 cm, sendo 4 amostras por ponto amostral, foi obtido os valores de RP em kilopascal (KPa) a cada centímetro de profundidade.

Com os resultados obtidos nas análises de solo foram confeccionados mapas temáticos referentes a cada atributo químico do solo e a cada respectiva camada analisada através do software da AgLeader SMS™ Advanced, e com os resultados obtidos nas leituras de resistência a



penetração foi inicialmente feito a média de valores de KPa a cada 0,05 m, e posteriormente realizado a confecção de mapas temáticos de RP através do software da AgLeader SMS™ Advanced para cada camada média de 0,05m gerando um total de 12 mapas temáticos.

Os mapas confeccionados, foram exportados como arquivo em formato shapefile (.SHP) para futura importação na plataforma online FieldView, da Climate. O arquivo shapefile é um formato universal utilizado na área de AP para representação de mapas de diagnóstico e recomendação, ele é composto por uma união com três arquivos, que são: .SHP, .SHX, e .DBF.

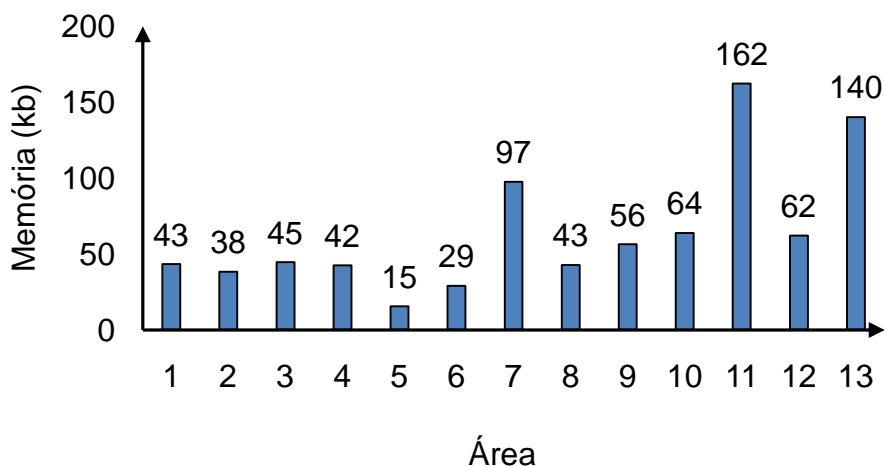
Foi realizado também a confecção de mapas de recomendação de adubação e calagem a taxa variada, sendo: com base nos valores de saturação de bases e concentração dos teores de Potássio (K) gerou-se os mapas de aplicação a taxa variada de fertilizantes potássicos; com base nos valores de saturação de bases e concentração dos teores de Fósforo (P) foram confeccionados os mapas de aplicação a taxa variada de fertilizantes fosfatados; com base nos valores de pH SMP, pH em H<sub>2</sub>O, e teores de cálcio foram confeccionados os mapas de aplicação a taxa variada de corretivos (calcário). Os mapas foram produzidos através do software SGIS, partindo do princípio de corrigir as necessidades de K, P e corrigir a acidez do solo visando um patamar de pH 6,5, e suprimindo a necessidade de Cálcio do solo, respectivamente, levando em consideração as indicações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016).

Esses mapas também foram exportados em formato shapefile, para futura importação na plataforma digital. Após a exportação de todos os mapas, foi organizado em conjuntos referentes a cada tipo de mapa e a cada área, e calculado então os diferentes valores de volumes de dados (em KB) gerados para arquivos de contorno, para mapas de fertilidade, para mapas de RP, e para mapas de aplicação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o volume de dados de arquivos de contorno estão na Figura 1.

Figura 1 – Volume de dados gerado pelos arquivos de contorno e pontos nas áreas estudadas

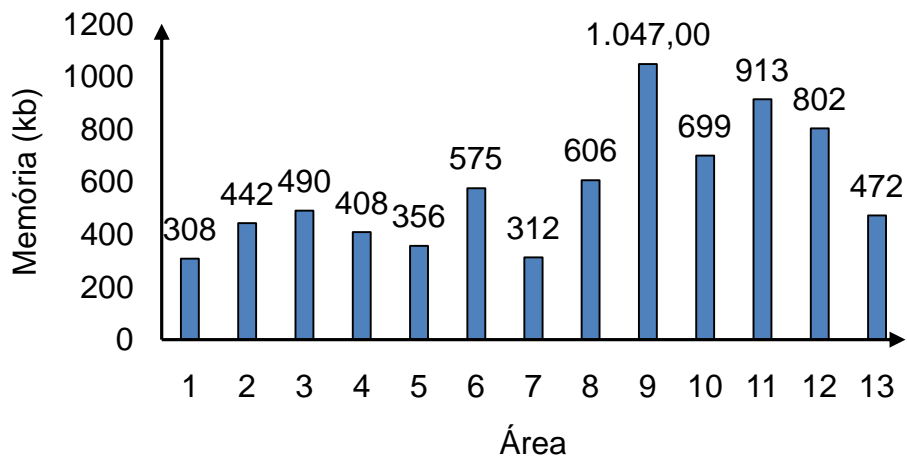


Fonte: Autor

Estes demonstraram que as áreas 11 e 13 possuem maior volume de dados em relação as demais áreas, isso se deve a vários fatores como o tamanho da área em hectares, a declividade da área e o perímetro, ou seja, áreas maiores tendem a ter maior volume de dados de arquivos de contorno, as áreas mais acidentadas e com o perímetro com mais curvas (maiores) tendem também a possuir arquivos de contorno de maior tamanho.

Para os valores de volume de dados gerados pelos mapas de atributos químicos do solo (Figura 2), observa-se que a área 9 demonstrou o maior valor de volume de dados, da mesma forma que o resultados anterior, o volume de dados dos mapas é afetado por diversos fatores, sendo: o tamanho da área em hectares, o número de pontos amostrais, o perímetro, a declividade e até os próprios teores de nutrientes do solo, conforme tratado por Caon (2012) onde cada solo possui diferentes características, e os mapas são confeccionados de acordo com essa variabilidade.

Figura 2 – Volume de dados gerado por mapas de atributos químicos do solo em formato de arquivo Shapefile exportados para a plataforma FieldView



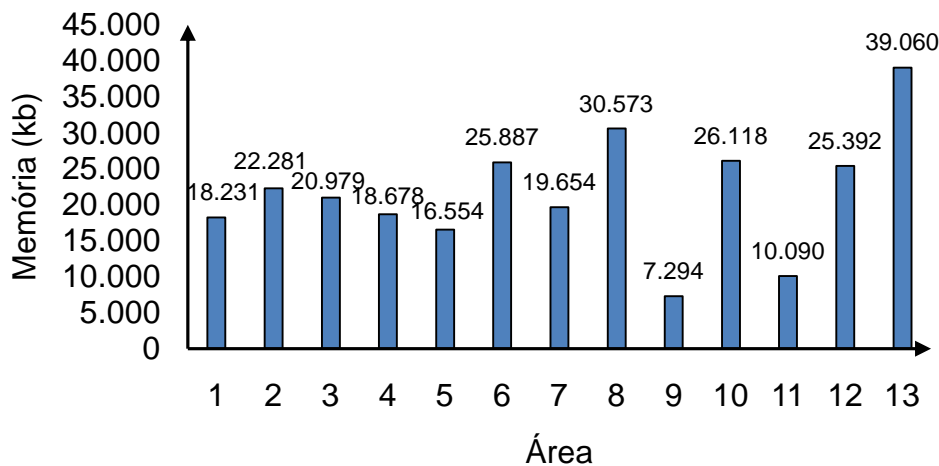
Fonte: Autor

Para os valores de volume de dados gerados pelos mapas de aplicação de fertilizantes e corretivos (Figura 3), observa-se que as áreas 9 e 11 apresentaram menores valores de volumes de dados, como cada área possui diferentes características (CAON, 2012), se faz o uso de diferentes fórmulas de aplicação para cada área, sendo os mapas das áreas 9 e 11 com formulas mais simples e com menor quantidade de informações, o que se reflete ao menor volume de dados gerados por seus mapas. Da mesma forma áreas com uma complexidade maior das fórmulas, ou seja, com maior uso de informação, possuem então maiores quantidades de dados, o que se observa na área 13, onde se destaca o alto volume de dados obtido nos mapas de aplicação. O volume de dados dos mapas de recomendação de fertilizantes e corretivos também é afetado por outros fatores, da mesma forma que se observa nos resultados anteriores.

Os mapas de RP refletem suas características sobre o volume de dados (Figura 4) da mesma forma que os mapas de fertilidade, onde o valor de volume de dados é afetado por diversos fatores, porém, se observa uma tendência ao tamanho da área influenciar mais fortemente o volume, já que os maiores volumes de dados são observados nas áreas 9, 11 e 12

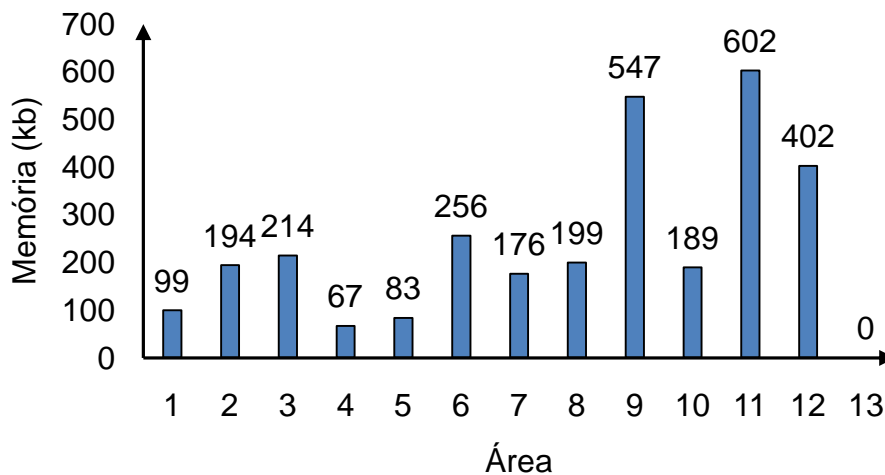
(92, 133 e 142 hectares respectivamente). A área 13 não apresenta volume de dados para mapas de RP pelo fato de não ter realizado a avaliação de RP nesta área.

Figura 3 – Volume de dados gerados pelos mapas de aplicação de fertilizantes e corretivos em formato SHP



Fonte: Autor

Figura 4 – Volume de dados gerados pelos mapas resistência a penetração nas áreas estudadas



Fonte: Autor

#### 4 CONCLUSÕES

As áreas submetidas a AP geram um grande volume de dados através da confecção de mapas de diagnóstico e de recomendação, ultrapassando a faixa de 20000 Kb médio em uma única safra agrícola. Saber sobre o volume de dados produzido por safra e nas várias safras pode

ser de extrema importância na gestão de custos de armazenagem (hospedagem), gestão e processamento de dados.

Com base nas informações geradas, pressupõem que novos estudos devem ser conduzidos com o intuito de identificar quais fatores afetam a geração de dados na agricultura de precisão.

## REFERÊNCIAS

BONNEAU, V et al., **Industry 4.0 in agriculture**: Focus on IoT aspects. European Commission, 2017.

CAON, D. **Especialização e mapeamento da fertilidade em diferentes camadas do solo e densidades amostrais**. Dissertação de mestrado. UNICENTRO. Guarapuava. 2012.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS, 2016.

GIACHETTO, P. F.; HIGA, R. H. Bioinformática aplicada à agricultura. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 4. p. 67-83.

RESENDE, A.V. et al. **Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo, Segurança Alimentar e Sustentabilidade**. XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 2010.

TSCHIEDEL, MAURO, FERREIRA, MAURO FERNANDO,. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural** [en linea] 2002, 32 (janeiro-fevereiro) : ISSN 0103-8478

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A. Agricultura Digital. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2016. ISSN: 2448-0452

## MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO – NOVA ANDRADINA/MS

*Mapping weed spatial variability in no-tillage and soil conventional tillage  
– Nova Andradina/MS*

Eduarda Alves Brexó<sup>1</sup>, Grazieli Suszek<sup>2</sup>, Mauro de Lima<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Fazenda Santa Bárbara-Km23, 79750-000, Nova Andradina-MS, Brasil,

<sup>1</sup>dubrexo@gmail.com, <sup>2</sup>grazieli.suszek@ifms.edu.br, <sup>3</sup>mauro.lima@ifms.edu.br<sup>3</sup>

### RESUMO

O conhecimento da variabilidade espacial permite ações de manejo localizado, trazendo economia de insumos e aumentando a eficiência na aplicação de insumos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de plantas daninhas em uma área experimental cultivada com milho em dois sistemas de cultivo, o convencional (PC) e o direto (PD). Utilizou-se uma área experimental localizada em Nova Andradina, MS. Os valores dos atributos massa fresca e seca de folhas larga e estreita foram realizadas a partir de amostragens georeferenciadas e os mapas temáticos dos atributos gerados utilizando o inverso do quadrado da distância (IQD). Foi possível identificar as espécies de plantas daninhas mais ocorrentes na área e especializar os teores de massa fresca e seca de folhas largas e estreitas, mostrando que entre os dois sistemas de cultivo há diferenças significativas em relação à incidência de invasoras. No sistema de plantio direto houve uma menor população de plantas daninhas, quando comparado ao plantio convencional. As plantas daninhas, tanto as de folhas largas, quanto as de folhas estreitas, apresentaram estrutura de variabilidade espacial definida, permitindo um bom mapeamento da área.

**Palavras-chave:** Variabilidade espacial. Plantas daninhas. Manejo localizado.

### ABSTRACT

Knowledge of spatial variability allows localized management actions, saving inputs and increasing application efficiency. The goal of this work was to evaluate the spatial variability of weeds in an experimental area cultivated with corn in two cultivation systems, in no-tillage (NT) and conventional tillage of soil (CT). An experimental area located in Nova Andradina, MS was used. The values of the fresh and dry mass attributes of broad and narrow leaves were made from georeferenced samples, and thematic maps of the attributes were generated using the geostatistical method of data interpolation, inverse of the square of the distance (IQD). It was possible to identify the most common weed species in the area and to specialize the fresh and dry mass content of broad and narrow leaves, showing that between two cultivation systems there are significant differences about the incidence of weeds. The number of weeds was lower in the no-tillage system than in conventional tillage. Weeds, both broadleaf and narrowleaf, had a defined spatial variability structure, allowing a good mapping of the area.

**Keywords:** Spatial variability. Weeds. Localized management.

## 1 INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão é estabelecida com um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando o aumento de retorno econômico e a redução do impacto ao ambiente (BRASIL,2014).

A utilização de agroquímicos, segundo Rocha et. al. (2015), vem de encontro com o aumento da demanda por alimentos em todo o mundo, onde o seu uso visa garantir ganhos de produtividade, reduzindo a competitividade das culturas com plantas daninhas. Observa-se assim a necessidade do uso coerente dos herbicidas, aplicá-los com base em mapas derivados de pesquisas de campo ou gerados em tempo real, aumentando a eficiência da aplicação e reduzindo o impacto ambiental.

As plantas daninhas podem interferir no processo produtivo, como reporta Oliveira (2018), competindo pelos recursos do meio, hospedando pragas e doenças ou interferindo nas práticas culturais e na colheita. O grau de interferência causado por essas plantas depende de diversos fatores, como o tempo de interferência, a densidade e a distribuição das espécies, o que acaba trazendo grandes prejuízos econômicos ao produtor (CAVALCANTE, 2017).

Desta forma, Bottega et al. (2016) afirmam que o mapeamento de sua variabilidade espacial, com a utilização de ferramentas de agricultura de precisão, não se limita a apenas a práticas como o manejo do solo, mas também torna possível a aplicação de herbicidas de forma mais coerente, quando comparada com pulverizações que se baseiam na média das infestações, sem considerar o grau de distribuição das plantas daninhas nas áreas. Isso se justifica, pois, a infestação das plantas daninhas, de acordo com Schaffrath et. al (2007), Rodrigues (2009), Nagahama et. al (2014) e Pott et al. (2019), normalmente não ocorre de modo uniforme nas áreas cultivadas.

Verifica-se, portanto, que a união de conhecimentos sobre plantas daninhas e técnicas de agricultura de precisão, na forma de mapeamento, evidencia os sítios de maior densidade de plantas daninhas na área, proporcionando o uso mais eficiente de herbicidas, acarretando ganhos econômicos e ambientais. Estes locais podem ainda sofrer manejo diferenciado, que tenha por objetivo a redução do banco de sementes, uma vez que a probabilidade de ocorrência de uma infestação no mesmo local é maior, quando comparado a locais sem ocorrência de plantas daninhas.

Com o uso de ferramentas da agricultura de precisão, tornou-se possível mapear a distribuição das espécies espontâneas, levantar informações sobre a intensidade de infestação e se elaborar modelos de estabelecimento populacionais ao longo do tempo, com consequente definição de métodos estratégicos para controle, auxiliando na sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

A identificação botânica se faz importante no mapeamento da variabilidade espacial, pois oferece subsídios a estudos taxonômicos, além de auxiliar na elaboração de mapas de incidência, na determinação das espécies de maior interferência e facilitar o manejo localizado, com o objetivo de controlá-las (LIMA et al., 2016). Já o mapeamento permite a aplicação da quantidade necessária de defensivos no local correto e no momento adequado, visando a racionalização do uso de herbicidas em áreas agrícolas que, conseqüentemente, poderá diminuir o custo de manejo da cultura, com redução do impacto ambiental.

Sendo assim, para que o mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas torne-se uma prática rotineira de tomada de decisão final, as recomendações de aplicação de

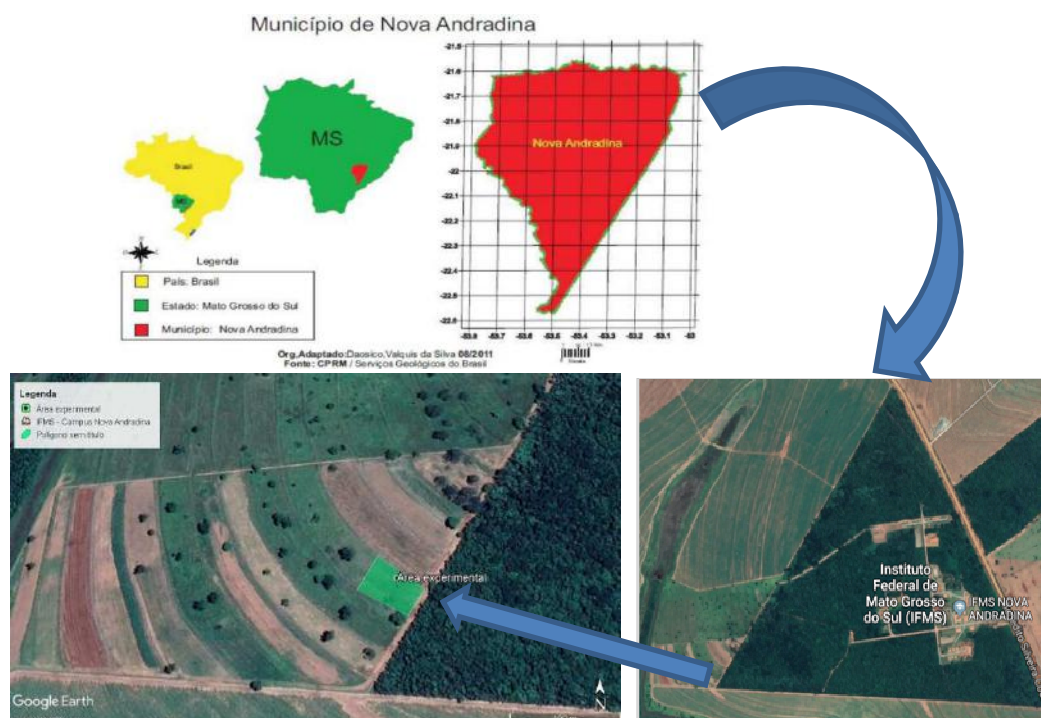
herbicidas, com tratamentos a taxas variáveis, ou seja, a aplicação localizada de herbicidas na agricultura, necessita ainda de muitas pesquisas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de plantas daninhas e identificar as espécies de maior ocorrência em uma área experimental cultivada com milho, em dois sistemas de cultivo, o convencional (PC) e o direto (PD).

## 2 METODOLOGIA

A área experimental está localizada na Fazenda Santa Bárbara, no município de Nova Andradina-MS (Figura 1), coordenadas geográficas 22°04'49,19"S e 53°28'05,71"O. O clima da região é do tipo tropical, clima mesotérmico com estação invernal pouco definida ou ausente, concentração de chuvas nos meses de verão e secas no inverno, segundo classificação de Köppen. Altitude média é de 380 m e os índices pluviométricos para a região são superiores a 1100 mm anuais. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico, sem horizonte A definido, textura muito arenosa, com 843 g dm<sup>-3</sup> de areia, 130 g dm<sup>-3</sup> de argila e 27 g dm<sup>-3</sup> de silte. Anteriormente cultivada com pastagem, a área foi preparada para receber a cultura do milho sob dois sistemas de plantio, convencional e direto.

Figura 1 – Localização da área experimental – Nova Andradina/MS, IFMS-NA.

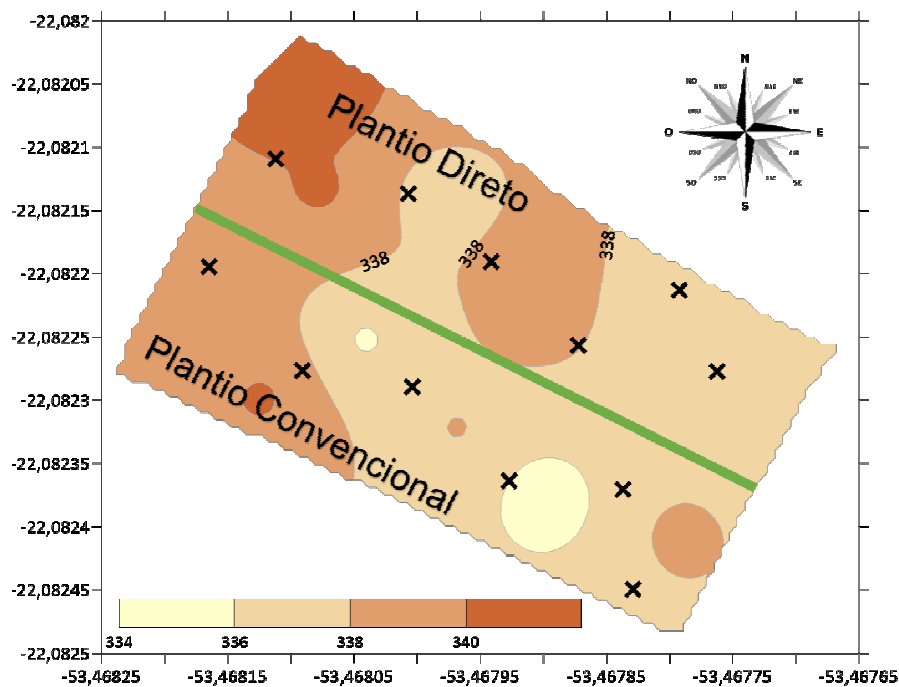


Fonte: D'alkmin Filho e Teixeira (2012) e Google Earth (2019).

Foi realizado, neste trabalho, amostragem de plantas daninhas. Para isso, a área de aproximadamente 24 x 40 m foi georeferenciada e dividida (Figura 2) em uma malha com espaçamento regular de 6 x 10 m, somados a pontos aleatórios, conforme descrito por Suszek

(2012) e Molin et al. (2015). Para localização dos pontos de amostragem e definição do contorno foi utilizado um receptor GPS de navegação.

Figura 2 - Mapa de relevo da área avaliada, mostrando a divisão entre os dois sistemas de plantio e os pontos de amostragem georreferenciados. IFMS-Nova Andradina, MS.



Para o levantamento das plantas daninhas foi confeccionado uma armação, com dimensões de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>) em PVC. As amostragens foram realizadas seguindo o grid anteriormente determinado. O quadro (armação) foi lançado 4 vezes em cada célula da malha descrita e as plantas daninhas, separadas pela classificação em folhas largas e folhas estreitas. As plantas contidas em cada quadro foram cortadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de papel, identificados e levados para laboratório para determinação de massa fresca e massa seca após secagem em estufa a temperatura de 65° C por 72 horas, de acordo com Costa et al. (2018) e Oliveira (2019). Posteriormente, os dados foram transformados em kg/ha. As espécies presentes em cada área amostrada foram analisadas, conforme comunidades das espécies de plantas daninhas predominantes.

Foi realizada análise descritiva dos dados para obtenção das medidas de posição (média, mediana e moda), medidas de dispersão (variância e desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose). A distribuição normal de probabilidade dos dados foi verificada, utilizando o teste proposto por Anderson Darling e Kolmogorov-Smirnov. Foram considerados com distribuição de probabilidade normal os dados que apresentaram normalidade em, pelo menos, um dos testes.

Na análise descritiva foi observado o comportamento dos dados, por meio de histogramas, gráficos box-plot e outras ferramentas estatísticas, permitindo verificar o comportamento e a presença de dados discrepantes, que não se enquadraram entre os limites inferior e superior. Para uma melhor avaliação da homogeneidade dos dados, utilizou o coeficiente de variação (CV) que, de acordo com Pimentel-Gomes (1985), é considerado baixo quando  $CV \leq 10\%$



(homocedasticidade); médio quando  $10\% < CV \leq 20\%$ ; alto quando  $20\% < CV \leq 30\%$  e muito alto quando  $CV > 30\%$  (heterocedasticidade).

Além disso, foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) para avaliar o grau de correlação entre as variáveis. Este coeficiente expressa, numericamente, tanto a força quanto o sentido da correlação. Seu valor varia entre 1 e -1 ou seja:  $-1 \leq R \leq 1$ . Se  $R = 1$ , as duas variáveis relacionadas têm correlação perfeitamente positivas; se  $R = -1$ , as duas variáveis relacionadas têm correlação perfeitamente negativa; se  $R = 0$ , não existe correlação entre as duas variáveis correlacionadas. Quanto mais próximo de 1 (+ ou -), maior a força de correlação, de acordo com Beiguelman (1996).

Após as análises preliminares, foi realizada a interpolação dos valores nas posições não amostradas, por meio do método do inverso do quadrado da distância que, como mencionado por Pott et al. (2019), quando comparado com a Krigagem ordinária, apesar de apresentar maior erro de estimação, não apresentaram diferenças significativas, através da análise dos erros da estimativa. A construção dos mapas de incidência de plantas daninhas de folhas largas e folhas estreitas segue de acordo com a distribuição espacial verificada na área, a partir da massa seca e fresca das plantas analisadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As plantas daninhas coletadas foram identificadas, totalizando um número de 20 espécies, distribuídas em 9 famílias (Tabela 1).

Tabela 1 - Espécies de folhas largas e estreitas encontradas nos dois sistemas de cultivo.

	Família	Nome científico	Nome comum
Folhas Largas	Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i>	sempre viva
		<i>Amaranthus sp.</i>	caruru, bredo
	Annonaceae	<i>Annona coriacea</i>	marôlo, araticum grande,
	Asteraceae	<i>Aconthospermum australe</i>	carrapicho rasteiro, amor de negro
		<i>Aconthospermum hispidum</i>	carrapicho de carneiro, cabeça de boi
		<i>Conyza bonariensis</i>	rabo de raposa, buva
	Euphorbiaceae	<i>Gnaphalium coarctatum</i>	marcela, erva macia, marcela branca
		<i>Croton glandulosus</i>	Gervão branco, velame
	Malvaceae	<i>Sida glaziovii</i>	guanxuma-branca, malva-guaxima
		<i>Sida spinosa</i>	guanxuma, guanxuma- de-espinho
<i>Waltheria indica</i>		malva branca, falsa-guanxuma	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i>	beldroega, bredo-de-porco	
Smilacaceae	<i>Smilax Brasiliensis</i>	japcanga, salsaparrilha do campo	
Folhas estreitas	Cyperaceae	<i>Cyperus sp</i>	tirica, junca, junquinho
		<i>Brachiaria brizantha</i>	braquiarão, capim-marundu
	Poaceae	<i>Brachiaria decumbens</i>	capim braquiária
		<i>Brachiaria ruziziensis</i>	braquiária peluda
		<i>Cynodon doctylon</i>	capim de burro, grama-bermuda
		<i>Digitaria bicornis</i>	capim colchão tropical
		<i>Cynodon plectostachyus</i>	capim estrela, grama estrela

Para facilitar as descrições dos resultados deste estudo, as espécies foram dadas também em folhas largas e folhas estreitas, onde a maioria das plantas de folhas estreitas pertencem à Família Poaceae. Um dos motivos que justifica o fato é o histórico da área experimental, que anteriormente era composta pelo cultivo de pastagem, podendo ter mantido um banco de sementes que vieram a emergir.

Observa-se na Tabela 2 que a quantidade de massa seca e fresca apresentada no sistema de plantio convencional foi maior em relação ao plantio direto exceto para folhas largas. Isso pode ser atribuído a diversos fatores, como o constante revolvimento do solo, que pode trazer bancos de sementes à superfície e que, posteriormente, acabam germinando ou pela interferência da cobertura vegetal no desenvolvimento de plantas daninhas no plantio direto.

Observando o CV de todas as amostragens, verificou-se que as mesmas apresentaram valores entre 31,78 a 122,3%, considerado, pela classificação de Pimentel-Gomes (1985), muito alto. Schaffrath et al. (2007), ao analisar o comportamento de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solo, também obteve dados com heterocedasticidade para as variáveis estudadas. Esses resultados corroboram com os encontrados por Bottega et al. (2016), estudando a distribuição de plantas daninhas em plantio direto e Rocha et al. (2015), que chega a valores de 79,9 a 1133,3% de CV, ao realizar o mapeamento de plantas daninhas em uma área cultivada com milho e soja em duas safras.

Tabela 2 - Quantificação da massa fresca e seca aparente, em kg ha<sup>-1</sup>, das espécies de plantas daninhas coletadas na área de estudo, em Nova Andradina, MS.

	Convencional (kg ha <sup>-1</sup> )				Plantio direto (kg ha <sup>-1</sup> )			
	FE <sup>1</sup>	FL <sup>2</sup>	FE	FL	FE	FL	FE	FL
	MF <sup>3</sup>	MF	MS <sup>4</sup>	MS	MF	MF	MS	MS
Média	10757,3	5386,7	3808	1826,67	4218,67	9610,67	1448	1941,33
Mediana	12416	3224	4360	1240	4768	7248	1472	1232
DP <sup>5</sup>	6387,8	6586,3	2575,4	2050,4	1378,1	9380,1	460,1	2166,2
CV <sup>6</sup> (%)	59,4	122,3	67,63	112,25	32,67	97,60	31,78	111,58
Curtose	-1,06	1,61	-0,90	-0,94	-1,75	4,84	-0,29	3,37
Assimetria	-0,37	1,39	-0,00015	0,76	-0,67	2,083	0,399	1,79
Mínimo	1920	0	752	0	2416	1488	944	336
Máximo	18960	17184	7472	5024	5696	28144	2160	6064

<sup>1</sup>Folha estreita; <sup>2</sup>Folha larga; <sup>3</sup>Massa fresca; <sup>4</sup>Massa seca; <sup>5</sup>Desvio padrão; <sup>6</sup>Coefficiente de variação.

Sendo assim, percebe-se que as plantas daninhas apresentaram desuniformidade de distribuição na área estudada, tanto no cultivo convencional, como no plantio direto, demonstrando a grande variabilidade espacial.

Nas Figuras 3 e 4 é possível visualizar a distribuição espacial de plantas daninhas na área em estudo. Pelos mapas pode ser observado que a massa fresca e a massa seca das plantas daninhas apresentam tendências muito próximas, quando as comparamos. Já para folha larga e folha estreita, pode-se afirmar que as concentrações, visualmente, apresentaram tendências diferentes. Foi observada maior quantidade de massa de folhas largas na área cultivada com plantio direto e maior quantidade de massa seca de folhas estreitas na área de plantio

convencional, conforme já visualizado na Tabela 2. Os mapas temáticos são importantes para definição da aplicação localizada de herbicidas de folhas largas e estreitas por unidade de manejo e, assim, poderá reduzir custos de aplicação, bem como diminuir o desperdício de produtos, que causam contaminação do meio ambiente.

Figura 3 - Mapa da variabilidade espacial da massa fresca de plantas daninhas de folha larga (A) e folha estreita (B), no plantio direto e convencional.

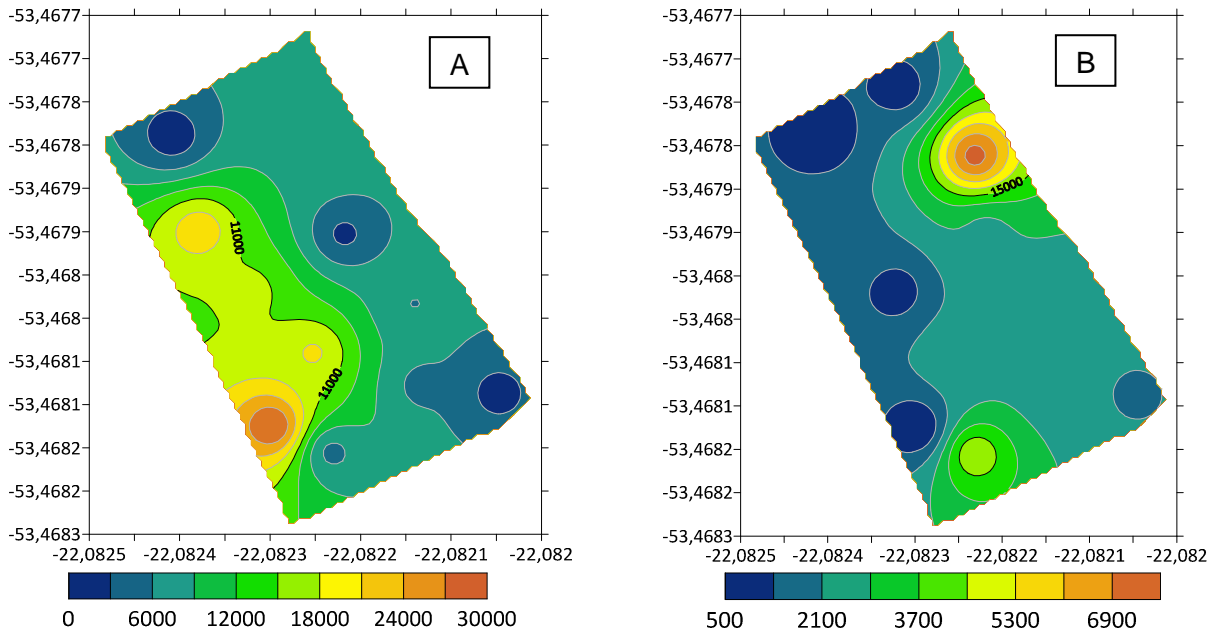
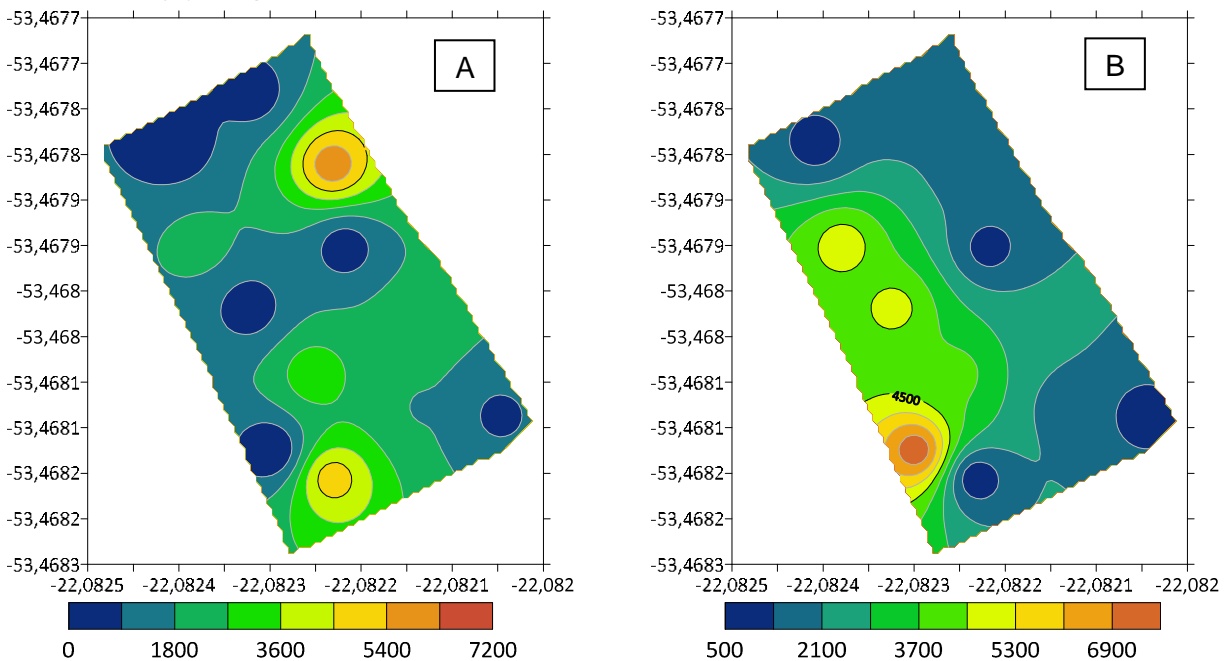


Figura 4 - Mapa da variabilidade espacial de massa seca de plantas daninhas de folha larga (A) e folha estreita (B), no plantio direto e convencional.



## 4 CONCLUSÕES

Foi possível identificar as espécies de plantas daninhas mais ocorrentes na área e quantificar o teor de massa fresca e massa seca, mostrando que entre dois sistemas de cultivo há diferenças significativas em relação à incidência de invasoras. No sistema de plantio direto houve uma menor população de plantas invasoras, quando comparado ao plantio convencional.

As plantas daninhas, tanto as de folhas largas, quanto as de folhas estreitas, apresentaram estrutura de variabilidade espacial definida, permitindo um bom mapeamento da área. Verificou-se, também, que a utilização de mapas de variabilidade espacial de plantas daninhas pode auxiliar na aplicação localizada de herbicidas, visando à economia de recursos e preservação do ambiente, visto que quanto maior a massa fresca de plantas daninhas, maior será a quantidade de herbicida, aplicado.

Conforme os autores citados durante as avaliações, os dados apresentam resultados coerentes com as literaturas analisadas, podendo, futuramente, estabelecer um mapeamento da área com maior abrangência de período, como o de variabilidade temporal.

## REFERÊNCIAS

- BOTTEGA, E. L. et al.. de. Distribuição espacial de plantas daninhas em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.20 n.12, Dec., 2016. ISSN 1807-1929. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1415-43662016001201107&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1415-43662016001201107&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 15 set. 2019
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão 2014/2030**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2014.
- CAVALCANTE, J. T. et al.. Períodos de interferência de plantas daninhas em genótipos de batata-doce. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.26, n.4, p.640-656, 2017.
- COSTA, M. E. et al.. Massa seca e teores de nutrientes de plantas de milho sob efeito de águas salinas e biochar. **Revista Verde**, Pombal-PB, V.13, Nº 5, p. 672-682, out.-dez.,2018. ISSN 1981-8203. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/6716>. Acesso em: 15 set. 2019.
- D'ALKMIN FILHO, P. S. A, TEIXEIRA, J. C. A agricultura familiar na merenda escolar da rede municipal de Nova Andradina/MS. **Anais XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária em Uberlândia/MG**, nos dias 15 a 19 de outubro de 2012. Disponível em: [http://www.lagea.ig.ufu.br/xx1enga/anais\\_enga\\_2012/eixos/1182\\_1.pdf](http://www.lagea.ig.ufu.br/xx1enga/anais_enga_2012/eixos/1182_1.pdf). Acesso em: 24 ago.2019.
- LIMA, R. S. et al.. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi no município de Vitória da Conquista – BA. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N. 3/4, p.390-402, Jul./Dez.2016. ISSN 2236 – 4420. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/304>. Acesso em: 15 set. 2019

MOLIN, J. P., AMARAL, L. R., COLACO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 238p. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Agricultura-de-precisao-DEG.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

NAGAHAMA, H. J. et al. Dynamics and spatial variability of weeds under soil tillage systems in forage sorghumt. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 265-274, 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582014000200003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582014000200003). Acesso em: 15 set. 2019.

OLIVEIRA, F. C. S.. **Interferência das plantas daninhas na produtividade e nutrição da cultura do milho verde em São Luiz-MA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Campus de Jaboticabal, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154430/oliveira\\_fcs\\_me\\_jabo.pdf?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154430/oliveira_fcs_me_jabo.pdf?sequence=3). Acesso em: 15 set. 2019.

OLIVEIRA, G. S.. **Determinação dos períodos de interferência de plantas daninhas em pastagem de *Panicum maximum***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/530/1/tcc\\_Gustavo%20Silva%20de%20Oliveira.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/530/1/tcc_Gustavo%20Silva%20de%20Oliveira.pdf). Acesso em: 15 set. 2019.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/385254016/Curso-De-Estatistica-Experimental-PIMENTEL-GOMES-pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

POTT, L. P. et al. Variabilidade espacial de plantas daninhas azevém em cultivo de trigo utilizando diferentes malhas amostrais. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 2, p. 93-99, jul./dez. 2019. ISSN 1982-6753. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/13299>. Acesso em: 15 set. 2019.

ROCHA, F.C. et al.. Weed mapping using techniques of precision agriculture. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 157-164, 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582015000100157](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582015000100157). Acesso em: 15 set. 2019.

RODRIGUES, S. **Variabilidade espacial e manejo localizado de plantas daninhas em pomar de pereiras**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - UNIOESTE, Cascavel, PR, 2009. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/2771>. Acesso em: 15 set. 2019.

SCHAFFRATH, V. R. et al. Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v. 11, n. 1, p. 53-60, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1415-43662007000100007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1415-43662007000100007&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 15 set. 2019

SUSZEK, G. **Variabilidade espacial e temporal das propriedades químicas do solo e das**

**folhas, qualidade do fruto e produtividade em pomar de laranja Monte Parnaso.** 2012. 122p.  
Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). UNIOESTE, Cascavel, PR, 2012. Disponível em:  
<http://tede.unioeste.br/handle/tede/2843>. Acesso em: 15 set. 2019.

## **ÁREA TEMÁTICA: GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À AGRICULTURA DE PRECISÃO**

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE PLANTAS DANINHAS UTILIZANDO SENSOR COMERCIAL DE PULVERIZAÇÃO LOCALIZADA

### *Spatial weed variability survey using commercial localized spray sensor*

Arthur Kich Buhse<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>, Luan Pierre Pott<sup>1</sup>, Mateus Tonini Eitelwein<sup>2</sup>, Alexandre Schafer<sup>3</sup>, Luciano Zucuni Pes<sup>1</sup>, Enza Rigon<sup>1</sup>, Djeferson Oliveira<sup>1</sup>, Vinicius Freitas Pedron<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil, [arthur.buhse@hotmail.com](mailto:arthur.buhse@hotmail.com); [proftelmoamado@gmail.com](mailto:proftelmoamado@gmail.com)

<sup>2</sup> Smart Sensing Brasil, Piracicaba - SP, 13414-018, Brasil, [mateus@smart.agr.br](mailto:mateus@smart.agr.br)

<sup>3</sup> Stara S/A, Av. Stara, 519, 99470-000, Não-Me-Toque -RS, Brasil, [schafer@stara.com.br](mailto:schafer@stara.com.br)

### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo realizar o levantamento das infestações de plantas daninhas de maneira conjunta com um sistema de pulverização em sítio específico. Para tanto, adaptou-se em um quadriciclo o sensor WEEDit para pulverização localizada das plantas daninhas, juntamente com GPS Topper Stara 4500 e um Data Logger Raspberry PI, para registrar as atividades do sensor. Aplicou-se glifosato em área total para apenas as plantas com caráter de resistência remanescerem. Aos 10 dias após aplicação (DAA), efetuou-se o levantamento das plantas que restaram com o equipamento. Constatou-se que em 81% da área não haviam plantas daninhas, onde para uma segunda aplicação para seu controle seriam aplicados herbicidas de forma exacerbada. Os outros 19% da área obtiveram infestação, variando de uma a cinco plantas isoladas e/ou em reboleiras. Portanto, o sistema demonstrou-se eficaz no levantamento das plantas daninhas, trazendo retorno econômico ao médio e longo prazo.

**Palavras-chave:** Plantas daninhas. Sensor. Mapeamento.

### ABSTRACT

This study aims to evaluate the survey of weed infestations in conjunction with a specific site spraying system. For this purpose, the WEEDit sensor for localized weed spraying was fitted to an ATV, along with a Topper Stara 4500 GPS and a Raspberry PI Data Logger to record sensor activity. Glyphosate was applied in total area for only plants with resistance character to remain. At 10 days after application (DAA), the remaining plants were surveyed with the equipment. It was found that in 81% of the area there were no weeds, where for a second application for its control herbicide would be exacerbated. The other 19% of the area obtained infestation, ranging from one to five isolated plants and / or in treetops. Therefore, the system proved to be effective in weed survey, bringing economic return in the medium and long term.

**Keywords:** Weeds. Sensor. Mapping.

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de criar ferramentas eficientes para o controle de plantas daninhas cresce conjuntamente com a de produzir mais alimentos. Segundo a ONU, a população mundial irá crescer em cerca de 1 bilhão de pessoas nos próximos 12 anos e irá alcançar 9,7 bilhões em 2050. Perdas de produtividade das culturas podem estar muitas vezes relacionadas com a competição das mesmas com plantas daninhas. Essas plantas, além de competirem por recursos



naturais, são hospedeiras de pragas e doenças, bem como liberam substâncias alelopáticas ao meio, acarretando perdas de produtividade (AGOSTINETTO et al., 2008; LAMEGO et al., 2013). Para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), as perdas de produtividade variam de 36 a 80%, conforme o nível de infestação (ZANDONÁ et al., 2018). Desta forma, o produtor busca soluções rápidas para segurar o potencial produtivo da sua lavoura. O controle químico, com uso de herbicidas tem sido o principal aliado no combate às plantas daninhas, visto sua usabilidade e facilidade de inserção em muitos cultivos, além de alta eficácia (KARAM et al., 2018). As plantas invasoras apresentam ampla variabilidade genética, que as permite rápida adaptação e sobrevivência em diversas condições ambientais (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Assim, a utilização frequente de herbicidas nas últimas décadas resultou na seleção de populações de plantas daninhas com biótipos resistentes, em resposta ao distúrbio ambiental e fisiológico provocado pela pressão de seleção dos herbicidas (ULGUIM et al., 2019; HEAP, 2019).

Resultante disso, herbicidas tradicionalmente utilizados deixaram de ser eficientes, o que levou o produtor a elevar seu custo de manejo para o combate às plantas daninhas. A elevação do custo é proporcional ao tamanho do problema, variando em função da espécie e se a população apresenta resistência a um ou mais mecanismos de ação dos herbicidas. Adegas et al. (2017) estimaram o custo de controle na cultura da soja em populações de daninhas sem resistência, com resistência isolada ao glifosato e múltipla também para os inibidores da ALS e ACCase, demonstrando que o produtor pode gastar R\$ 95,40 ha<sup>-1</sup>, no melhor cenário, até R\$ 479,50 ha<sup>-1</sup>, em situações de resistência múltipla.

Segundo Pott et al. (2016), a intervenção de controle de plantas daninhas é realizada, na maioria dos casos, sem levar em considerações a variabilidade espacial das espécies, bem como sua densidade, ou, ainda, a variabilidade de atributos que interferem nos efeitos dos herbicidas. Em resposta a isso, as plantas selecionadas completam seu ciclo e produzem sementes, aumentando e agravando mais a situação ano após ano.

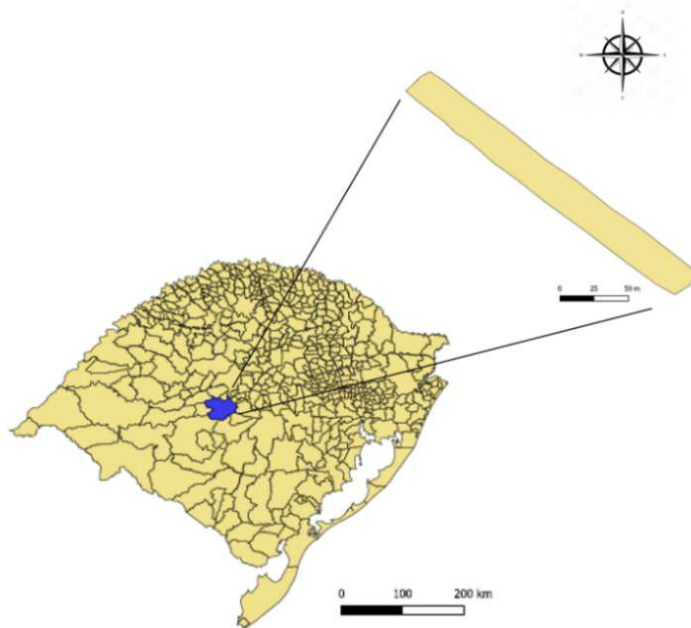
Demandas de novas tecnologias, mais eficientes, para identificação de plantas daninhas foram reportadas por pesquisadores. Trabalhos pioneiros realizados por NUSPL et al. (1996), e HEISEL et al. (1996) demonstraram potencial de economia de herbicidas de 80% e 75%, respectivamente, devido à pulverização localizada, comparada à pulverização em área total. Devida a notória diferença, começou-se a estudar o manejo de plantas daninhas em sítio específico, ou seja, fazer a intervenção da planta exatamente onde ela está, sem desperdício de produto, aplicando a dose certa do herbicida no lugar correto.

No Brasil, devido à carência de tecnologias comerciais, tanto de mapeamento quanto de controle de pulverização, ainda há poucos trabalhos apontando soluções viáveis e eficientes para tal problema. Visando suprir esta demanda, o objetivo desse trabalho foi determinar a variabilidade espacial de plantas daninhas utilizando sensor comercial de pulverização localizada e avaliar os custos e potencial de economia de herbicidas utilizando a pulverização localizada.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Santa Maria (RS) (Figura 1) em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com coordenadas geográficas 29°42'57,20"S e 53°44'14,33"O, altitude média de 100 m. O clima da região é classificado como Cfa, segundo a classificação de Alvares et al. (2013). O solo da região é classificado como Argissolo Vermelho, segundo a Embrapa (2013).

Figura 1 - Representação do local do experimento.



O experimento foi realizado em agosto de 2019, em uma área de 0,7 hectare. A mesma vinha sendo cultivada com aveia (*Avena sativa*) e apresentava histórico de plantas de azevém (*Lolium multiflorum*) de difícil controle. Aplicou-se glifosato em área total, deixando apenas as plantas daninhas com caráter de resistência se manifestarem para a avaliação. Aos 10 dias após aplicação (DAA), efetuou-se o levantamento das plantas daninhas que restaram na área. A intervenção foi programada para simular uma pulverização pré-semeadura da cultura da soja.

Para detecção e pulverização das plantas daninhas de maneira automática utilizou-se o sistema WEEDit. A tecnologia, de origem holandesa, começou a ser desenvolvida na Universidade de Wageningen há mais de 20 anos. O mesmo é fabricado pela Rometron, uma empresa também holandesa, que aperfeiçoa constantemente o equipamento para sempre obter a máxima eficiência. O equipamento é importado pela SmartSensing Brasil, empresa especializada em pulverização localizada. O sistema é composto por um conjunto de sensores de detecção de fluorescência, com válvulas de alta performance, que possibilitam a aplicação apenas nos locais onde há plantas vivas. Os sensores realizam a leitura instantânea da área, emitindo uma luz vermelha de alta intensidade para detectar plantas vivas. Em cada metro de barra há um sensor que controla 5 bicos de pulverização (20 cm de espaçamento entre bicos), que realiza leituras com uma frequência de 40 mil vezes por segundo.

A clorofila das plantas responde à luz vermelha emitida pelo sensor, absorvendo-a e emitindo radiação na faixa do infravermelho próximo, através da fluorescência. Essa emissão é então detectada pelos sensores. O sistema identifica até mesmo pequenas plantas (aproximadamente 3 cm<sup>2</sup> de área foliar), acionando o bico correspondente à posição da planta identificada, aplicando apenas o necessário, de acordo com o tamanho da planta. Cada sensor é capaz de comandar cinco bicos de maneira independente. As válvulas instaladas em cada bico são capazes de operar de maneira pulsada (PWM), o que possibilita a alteração da dose (L/ha) instantaneamente, sem a necessidade de alterar bicos, pressão da calda ou tamanho de gota.

Como plataforma para o sensor, utilizou-se um quadriciclo, no qual foram realizadas adaptações para comportar o sistema WEEDit. Neste sentido, utilizou-se: a) um tanque

reservatório de calda com capacidade total de 50 litros; b) filtro de calda; c) bomba elétrica (12V) com vazão de 15 L/min para pressurizar o sistema; c) regulador de pressão com manômetro, para manter pressão constante de 2,8 bar; d) barra traseira para fixar os bicos a 65 cm de altura; e) suporte de sensor posicionado a 1,1 m de altura.

Foram realizadas passadas com o protótipo distanciadas em 1 metro uma das outras, guiadas por GPS TOPPER 4500 STARA. Os dados foram registrados por meio de um Data Logger Raspberry Pi, em comunicação ao sinal de GPS e ao sensor WEEDit, com uma frequência de registro da atividade de 1 dado por segundo.

Atribuiu-se velocidade média de 10 km/h para a atividade, resultando em 1726 pontos registrados na área avaliada. Calculou-se a infestação na área a partir dos pontos gerados pelo Data Logger. As variáveis foram reunidas e processadas pelo programa R Core Team (2019).

Para avaliação dos custos de produção com herbicidas, levantou-se os produtos, custos e doses utilizadas para produção de soja (Tabela 1).

Tabela 1 - Tabela de produtos relacionados com dose e preço.

<b>Produtos</b>	<b>Dose ha<sup>-1</sup></b>	<b>Custo ha<sup>-1</sup> (R\$)</b>
Saflufenacil	50 g	50
2,4-D	2 L	39,6
Glifosato	3 L	45,6
2,4-D + Glifosato	5 L	163,6
Paraquat	3 L	44,1
Glufosinato de amônio	2,5 L	146,1
Clethodim	0,5 L	37,6

\*Dados oriundos dos custos de produção de soja, segundo IMEA, para safra 2019/20.

O retorno econômico do equipamento foi calculado a partir da média dos custos por hectare dos herbicidas (Tabela 1). Para pulverização convencional, utilizou-se a média dos custos dos herbicidas por hectare multiplicada pela área aplicada. Para pulverização localizada, o custo do herbicida foi multiplicado pelo número decimal da infestação na área somado ao custo do equipamento, sendo R\$ 450.000,00 para 15 metros de barra e R\$ 800.000,00 para 30 metros de barra.

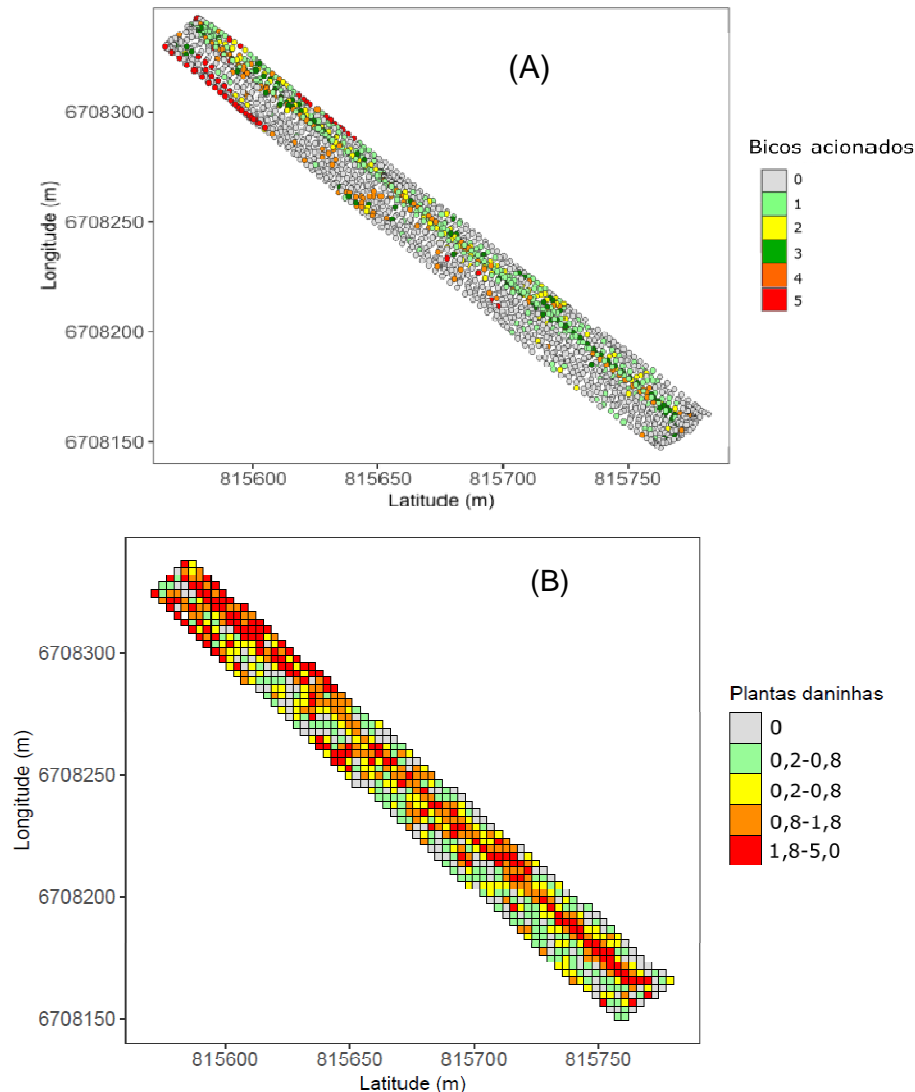
Para o cálculo da infestação em relação da porcentagem da área, ajustou-se os valores encontrados pelo sensor multiplicando a área dos bicos abertos pela sua proporção ao comprimento total da barra de pulverização.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Gerou-se um total de 1726 pontos, informando a atividade de cada um dos cinco bicos da barra. Para infestação zero, ou seja, sem atividade de pulverização, obtiveram-se 1005 pontos. Para infestação um, sendo um bico em atividade, 326 pontos. Para infestação dois, 106 pontos; infestação três, 108 pontos; infestação quatro, 126 pontos; infestação cinco, 55 pontos. A partir disso, calculou-se a porcentagem de infestação e área total, sendo essa a soma da correção em percentual de cada um dos níveis de infestação acima citados. Obteve-se, assim, uma infestação de 19% da área em estudo.

A partir dos dados levantados pelo equipamento, foram confeccionados dois mapas de infestação de plantas daninhas na área, representados na Figura 2, sendo o primeiro a infestação por número de plantas (A) e o segundo obtido através da interpolação dos dados (B).

Figura 2 - Mapa da distribuição das plantas daninhas presentes na área captadas pelo sensor (A) e mapa interpolado em grade (B).



Conforme as figuras acima, a disposição das plantas daninhas na área não segue uma distribuição padrão, tendo sua distribuição em forma de reboleiras (SHIRATSUCHI et al., 2005).

Na tabela 2 é apresentado o número de plantas daninhas levantadas em relação a porcentagem da área estudada, evidenciando essa aleatoriedade. Essa variabilidade das plantas daninhas causa disparidade no custo de aplicação de herbicidas. Quando levamos em consideração a variabilidade espacial das mesmas, o custo é drasticamente reduzido.

Tabela 2 - Infestações de plantas daninhas e suas respectivas proporções em porcentagem ocupadas em área.

Infestação (1 m linear (visada sensor))	% Área
0 plantas	80,98
1 planta	3,77
2 plantas	2,45
3 plantas	3,75
4 plantas	5,84
5 plantas	3,18

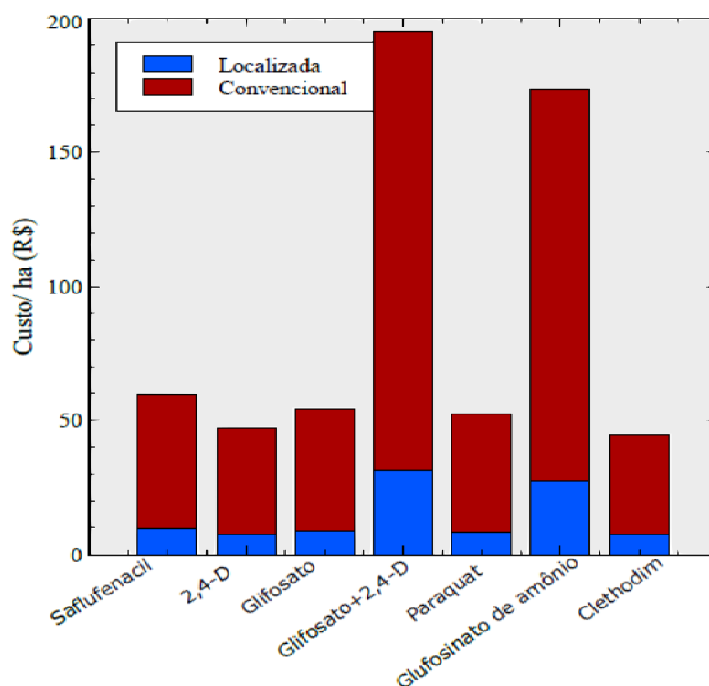
A simulação do custo de aplicação de herbicidas, de acordo com o nível de infestação encontrado na área, para pulverização convencional em área total e em pulverização localizada, é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Custo dos herbicidas por hectare (R\$), nos diferentes modos de aplicação.

Modo de aplicação	Saflufenacil	2,4-D	Glifosato	Glifosato +2,4-D	Paraquat	Glufosinato de amônio	Clethodim
Convencional	50	39,6	45,6	163,6	44,1	146,1	37,6
Localizada	9,5	7,52	8,66	31,08	8,37	27,75	7,14

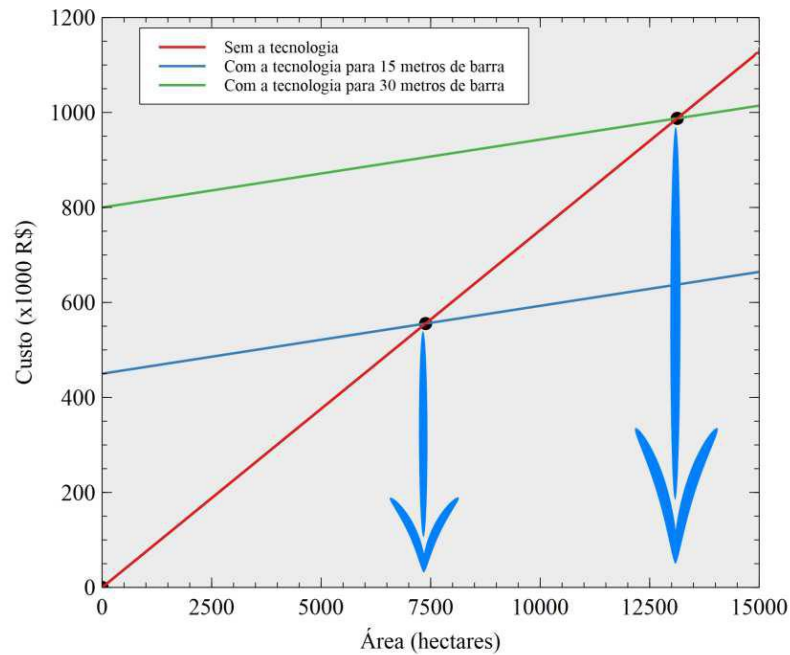
Na Figura 3, é demonstrada a economia dos principais herbicidas utilizados em relação aos diferentes modos de aplicação. Nela, está evidenciada a redução do custo com herbicidas, levando em consideração a variabilidade da infestação de plantas infestantes, o que impacta significativamente no custo de manejo das mesmas.

Figura 3 - Economia dos herbicidas em relação aos dois diferentes modos de intervenção.



O sistema possui um elevado custo inicial para aquisição dos sensores. Entretanto, em um curto período, dependendo da área de cultivo e do número de aplicações, a tecnologia se paga, obtendo resultados positivos com economia de herbicidas, bem como a preservação do meio ambiente. Na figura 4, contrastou-se os custos de aplicação de herbicidas em relação aos diferentes tamanhos de área, divergindo o manejo tradicional de controle com o manejo empregando a tecnologia.

Figura 4 - Custo de aplicação em relação à área, levando em consideração apenas uma aplicação.

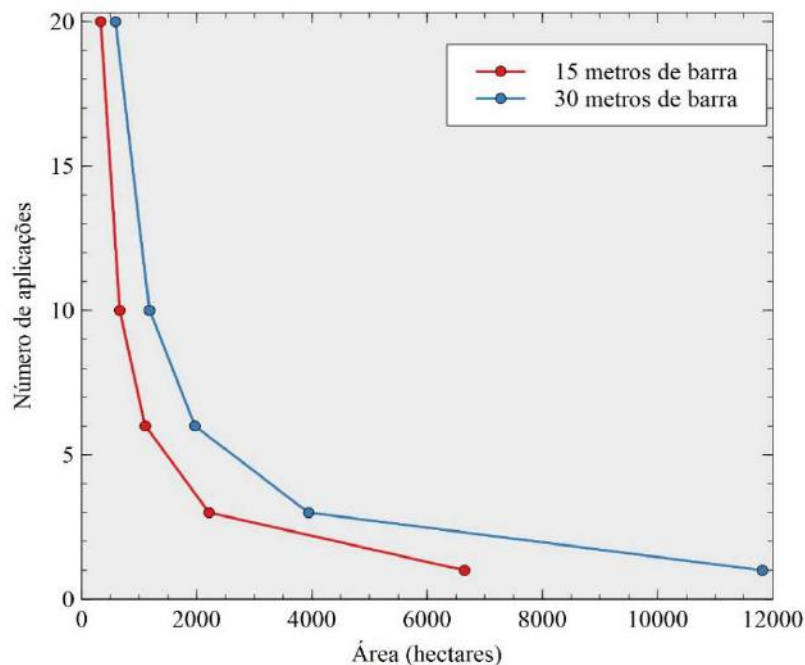


Constata-se que um investimento para um pulverizador com quinze metros de barra possui retorno econômico numa área de 7.385 hectares em uma aplicação. Para um pulverizador de trinta metros de barra, com uma área de 13.129 hectares em uma aplicação o produtor começa a gerar lucro com suas aplicações. Essas, levando em consideração uma aplicação apenas, com nível de infestação de 19% levantados na área.

A tecnologia tem seu custo diluído conforme aumenta a frequência de aplicações, tornando a tecnologia viável em longo prazo. Na figura 5, é demonstrado a área mínima para retorno econômico em relação a número de aplicações utilizadas para dois diferentes tamanhos de barra de pulverizadores autopropelidos.

Conforme apresentado na figura 5, de acordo com aumento do número de aplicações a área mínima para haver equilíbrio entre o gasto com o equipamento e a economia de herbicida vai reduzindo. Este comportamento se repete para ambas as larguras de barra utilizadas.

Figura 5 - Área de retorno econômico em relação ao número de aplicações de herbicidas, levando em consideração o custo da tecnologia para dois tamanhos de barra de pulverização.



#### 4 CONCLUSÕES

O equipamento mostrou-se eficiente para o levantamento da variabilidade espacial da infestação de plantas daninhas.

Os dados gerados pelo Data Logger possibilitam gerar um mapa de infestação real da área, facilitando o manejo das plantas daninhas.

A tecnologia possui elevado custo inicial, necessitando de uma área mínima de aplicação para haver viabilidade econômica. Conforme aumenta-se a quantidade de aplicações utilizando a tecnologia, dilui-se o custo do equipamento e de aplicação.

#### REFERÊNCIAS

ADEGAS, F.S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D.L.; KARAM, M.D.; SILVA, A.F.; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. p.11. (Circular Técnica, 132)

ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. *Planta Daninha*, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F. de. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R.S. de;

CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. p.1-36.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; RESENDE, A. V. Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com a fertilidade dos solos. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.429-436, 2005.

SOLOS, Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.

HEISEL, T., S. CHRISTENSEN, A.M. WALTER 1996. Weed Managing Model for Patch Spraying in Cereal. In: P.C. Robert, R.H. Rust, W.E. Larson, editors, **Precision Agriculture**, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. p. 999-1007.

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Tuesday, July 16, 2019.

KARAM, D., et al. Situação atual da resistência de plantas daninhas a herbicidas nos sistemas agrícolas. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2018.

LAMEGO, F. P., et al. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.31, n.3, p.521-531, 2013.

NUSPL, S. J., W. W. RUDOLPH, R. GUTHLAND 1996. Use of Injection for Site-specific Chemical Application. In: P.C. Robert, R.H. Rust, W.E. Larson, editors, **Precision Agriculture**, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. p. 739-744.

PITELLI, R. A.; O Termo Planta-Daninha. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 622–623, 2015.

POTT, L., AMADO, T.J.C, KRUSE, N.D., SEBEM, E. & PREUSS, D. & SANTOS, M. (2016). [Edição 152] **Novas perspectivas no controle de plantas daninhas com base na agricultura de precisão**. 152. 14-21.

R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-070, URL <http://www.R-project.org>>

ULGUIM, A. R. et al. Resistance Mapping of the Genus *Cyperus* in Rio Grande do Sul and Selection Pressure Analysis. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

ZANDONÁ, R.R., et al. "Interference Periods in Soybean Crop as Affected by Emergence Times of Weeds." **Planta Daninha**, Viçosa, vol. 36, 2018.



## ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ESTÁDIOS REPRODUTIVOS A PARTIR DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PORDIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) OBTIDO POR DIFERENTES PLATAFORMAS

*Grain yield estimation in soybean in reproductive stages from the Normalized  
Difference Vegetation Index (NDVI) obtained by different platforms*

Raphael Borgias Vareiro<sup>1</sup>, Christian Bredemeier<sup>2</sup>, Luiz Felipe Diaz de Carvalho<sup>1</sup>, Ricardo Froehlich<sup>1</sup>,  
Deoclides de Oliveira Neto<sup>1</sup>, Lúcio de Paula Amaral<sup>1</sup>, Marcos Augusto Gomes dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº 1000 – Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS,  
Brasil, [rborgias@gmail.com](mailto:rborgias@gmail.com), [felipe@politecnico.ufsm.br](mailto:felipe@politecnico.ufsm.br), [froehlich.ricardo@gmail.com](mailto:froehlich.ricardo@gmail.com),  
[deoclidessoliveiraneto@gmail.com](mailto:deoclidessoliveiraneto@gmail.com), [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com), [marcosgeoufsm@gmail.com](mailto:marcosgeoufsm@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, nº 7712 – Agronomia, 91501-970, Porto  
Alegre – RS, Brasil, [bredemeier@ufrgs.br](mailto:bredemeier@ufrgs.br)

### RESUMO

O produtor agrícola está inserido em um cenário contemporâneo que requer maior produtividade e qualidade na produção para manter-se competitivo. Na Agricultura de Precisão, utilizam-se informações providas do Sensoriamento Remoto que possibilitam os cálculos de Índices de Vegetação (IV), os quais auxiliam na produção. Assim sendo, o presente trabalho visa correlacionar a produtividade da soja (Cultivar Brasmax Garra 63I64RSF IPRO) com os IV obtidos a partir de sensores embarcados em três plataformas diferentes (Greenseeker, Espectrorradiômetro e Sequoia). O estudo foi desenvolvido durante a safra 2018/2019 na área experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. As melhores correlações obtidas foram com o sensor Greenseeker, o qual possibilita um bom resultado de correlação da produtividade com o NDVI a partir do estágio R2. Para o Espectrorradiômetro e a Sequoia, notou-se que o estágio R5 foi o que obteve um melhor desempenho na correlação da produtividade com IV estudado.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Geotecnologias. Sensor de Vegetação.

### ABSTRACT

The agricultural producer is inserted in a contemporary scenario that requires higher productivity and production quality to remain competitive. In Precision Agriculture, information from Remote Sensing is used to enable Vegetation Index (VI) calculations, which assist in production. Therefore, the present work aims to correlate soybean yield (Cultivar Brasmax Garra 63I64RSF IPRO) with the VI obtained from sensors embedded in three different platforms (Greenseeker, Spectroradiometer and Sequoia). The study was developed during the 2018/2019 crop in the experimental area of the Polytechnic College of the Federal University of Santa Maria. The best correlations obtained were with the Greenseeker sensor, which provides a good result of correlation of productivity with NDVI from the R2 stage. For the Spectroradiometer and Sequoia, it was noted that the R5 stage was the one that obtained the best performance in the productivity correlation with the studied VI.

**Keywords:** Precision Agriculture. Geotechnologies. Vegetation Sensor.

## 1 INTRODUÇÃO

Ainda existem produtores agrícolas que compartilham métodos tradicionais de agricultura junto aos que usufruem de tecnologias no campo (PLOGG, 2008). Esse tipo de ambiente tende a trazer estagnação e maior disparidade, impedindo um aumento dos níveis de produtividade, renda e competitividade (LOPES et al., 2012). Nesse sentido, a Agricultura de Precisão (AP) surge por um conjunto de tecnologias destinadas ao manejo de solos, culturas e insumos, visando um melhor e mais detalhado gerenciamento do sistema de produção agrícola em todas as etapas, desde a semeadura até a colheita (INAMASU et al., 2011).

De acordo com Grisso et al. (2009), entre outras ferramentas, técnicas e produtos utilizados na AP, o Sensoriamento Remoto (SR) é uma dessas ferramentas que auxilia e permite uma maior análise da produção. Para Bizari e Malagolli (2016), o contemporâneo *Drone* ou, segundo a ANAC (2017), a Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) também é uma ferramenta potencialmente utilizada na AP. O termo SR é conceituado como sendo um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles (NOVO, 2010). Estas técnicas envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos (MORAES, 2002).

Uma das técnicas utilizadas amplamente no SR é o Índice de Vegetação (IV), no qual indica a presença e condição da vegetação monitorada (FONTANA et al., 1998). Esses IV são resultado da interação entre radiação eletromagnética e a vegetação, definidos por formulações matemáticas desenvolvidas a partir de dados espectrais obtidos por sensores remotos (FORMAGGIO e SANCHES, 2017). Os IV possuem vasto potencial para a agricultura, dado pela capacidade de avaliar a quantidade e as condições das plantas, em extensas áreas de modo rápido, repetível e com fundamentação física (FORMAGGIO e SANCHES, 2017). De acordo com Demarchi et al. (2011), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, ou o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (ROUSE et al., 1973), é um dos mais utilizados para estimar o estado de vigor das culturas agrícolas.

Dessa forma, o presente trabalho busca analisar e correlacionar o NDVI obtido e processado, a partir de dados coletados por sensores embarcados em três diferentes plataformas, com a produtividade da cultura da soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados do referente estudo foi realizada com a cultivar de soja Brasmax Garra 63I64RSF IPRO na safra 2018/2019, em um talhão pertencente ao Colégio Politécnico da UFSM, localizado na Área Nova da UFSM, no Campus Sede da instituição, município de Santa Maria – RS, Brasil. O espaçamento entrelinhas utilizado foi de 0,50 m.

Dentro do talhão, delimitou-se uma área com dimensões de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>), a qual foi subdividida em 12 parcelas de 4,75 x 6,33 m (30,06 m<sup>2</sup>). As plantas/m de linha de cada parcela, foram manejadas manualmente a fim de distribuir três populações dentro da área, sendo esses os tratamentos: 6 (T1), 12 (T2) e 18 (T3) plantas/m de linha, resultando em populações de 12, 24 e 36 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente. Essas populações foram aleatorizadas e repetidas quatro vezes dentro da área. Os limites da área do experimento foram georreferenciados com o auxílio de um GNSS RTK, modelo Hiper Lite+, do fabricante Topcon.

Os NDVIs foram gerados para dois estádios de desenvolvimento da leguminosa, sendo eles o estágio Reprodutivo 2 (R2 – Florescimento pleno) e Reprodutivo 5 (R5 – Início do enchimento de grãos). Este índice, proposto por Rouse et al. (1973), varia de -1 a 1 e é composto por duas bandas, as quais são aplicadas e descritas na seguinte equação:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V}$$

Onde:

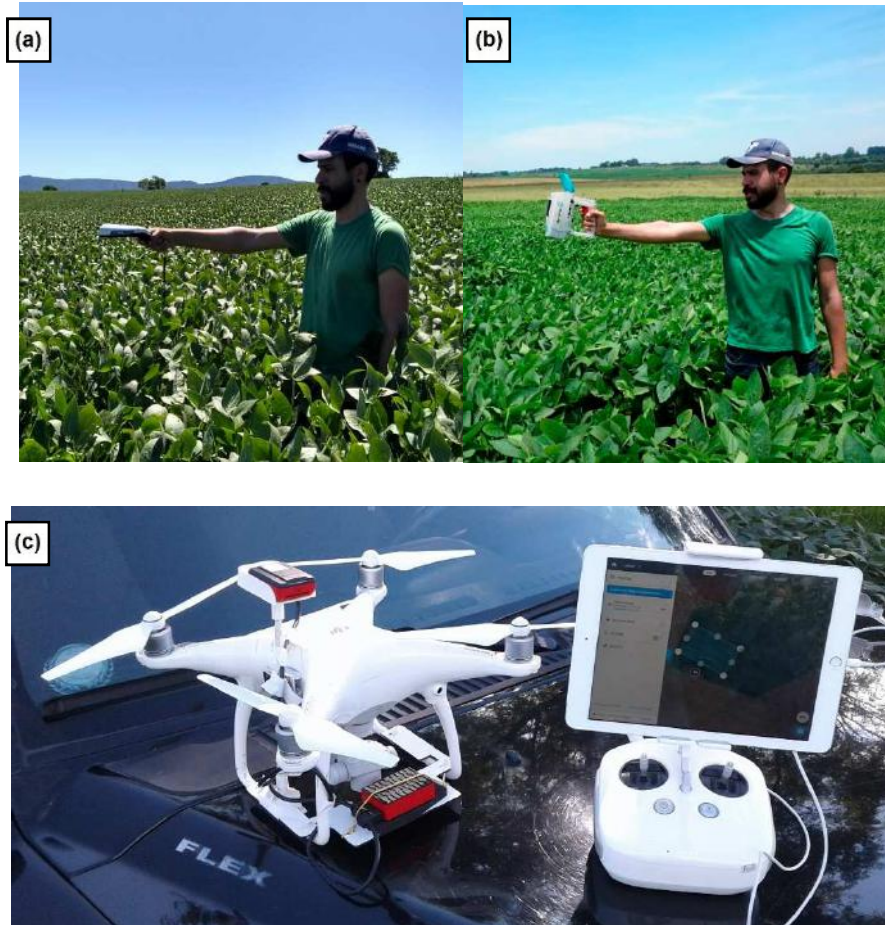
IVP = reflectância medida na faixa espectral do infravermelho próximo;

V = reflectância medida na faixa espectral do vermelho.

Para a coleta dos dados de reflectância, foram utilizadas três diferentes plataformas de sensores, sendo eles o Greenseeker® Handheld Sensor, do fabricante Trimble, Espectrorradiômetro modelo FieldSpec® HandHeld II™, do fabricante ASD Inc. e a câmera multiespectral Sequoia®, do fabricante Micasense e Parrot, embarcada a bordo de um ARP multirotor modelo Phantom 4® Advanced, do fabricante DJI (Figura 1).

Na coleta dos dados com os sensores, priorizou-se utilizá-los em um curto espaço de tempo entre os mesmos, a fim de possibilitar um cenário de condições favoráveis e semelhantes para ambos, e evitar a possibilidade de interferência na qualidade dos dados.

Figura 1 – Coleta de dados com o (a) Greenseeker, (b) Espectrorradiômetro e (c) Sequoia.



Fonte: Autores (2019).

O Greenseeker e o Espectrorradiômetro foram manuseados a uma altura de 0,50 m acima do dossel. O sensor Greenseeker, no momento do uso já demonstra o IV, portanto não houve a necessidade de cálculo. O Espectrorradiômetro teve os dados descarregados com o auxílio dos *softwares* próprios do aparelho HH2Sync e ViewSpecPro, sendo posteriormente organizados em uma planilha eletrônica do Microsoft Excel 2016®. Utilizou-se como referência para gerar os IV do Espectrorradiômetro, as mesmas faixas de comprimento de onda das bandas que a Sequoia utiliza, sendo eles: 640-680 nm (Vermelho) e 770-810 nm (Infravermelho próximo).

As imagens aéreas foram obtidas a uma altura de 50 m acima da superfície terrestre sendo, em um segundo momento, os dados processados no *software* Pix4Dmapper® 4.4, no qual foi gerado um mosaico para cada banda referida anteriormente. A partir disso, os IV, foram pós processados no *software* QGIS 3.4, utilizando rotinas disponibilizadas na ferramenta que permitem a composição e extração dos valores de reflectância para cálculo dos IV.

Para o uso do Espectrorradiômetro e Sequoia, priorizou-se dias ensolarados e com a mínima presença de nuvens, durante a faixa de horário das 10h às 14h, em razão do posicionamento do sol nesse período, possibilitando um melhor aproveitamento e qualidade na coleta dos dados. A utilização do Greenseeker foi realizada com a coleta em 5 linhas de cada parcela, no qual gerou-se uma média entre elas, representativa para cada parcela. O mesmo é um sensor ativo, portanto não depende da radiação solar para o seu correto funcionamento.

Em cada um dos estádios, foram realizadas com o Espectrorradiômetro, duas coletas em cada parcela, totalizando 24 pontos de coleta. Antes de iniciar a coleta com referido sensor, foram realizados os procedimentos padrões para o uso do mesmo, entre eles a calibragem com o auxílio de uma placa de espectralon, e posteriormente, a cada duas coletas, uma nova calibragem era feita, a fim de priorizar a qualidade dos dados.

A produtividade foi mensurada pela colheita manual de 4 linhas de 3 m em cada parcela, nas quais foram trilhadas e em um segundo momento, mediu-se a porcentagem de umidade de uma amostra para cada parcela com o auxílio de um medidor de umidade portátil, modelo AL-101®, do fabricante Agrológic (Figura 2). Por fim, para a pesagem individual total de cada parcela foi utilizada uma balança de precisão.

Figura 2 – Procedimentos na (a) trilhagem da soja e (b) medição do teor de umidade dos grãos.



Fonte: Autores (2019).

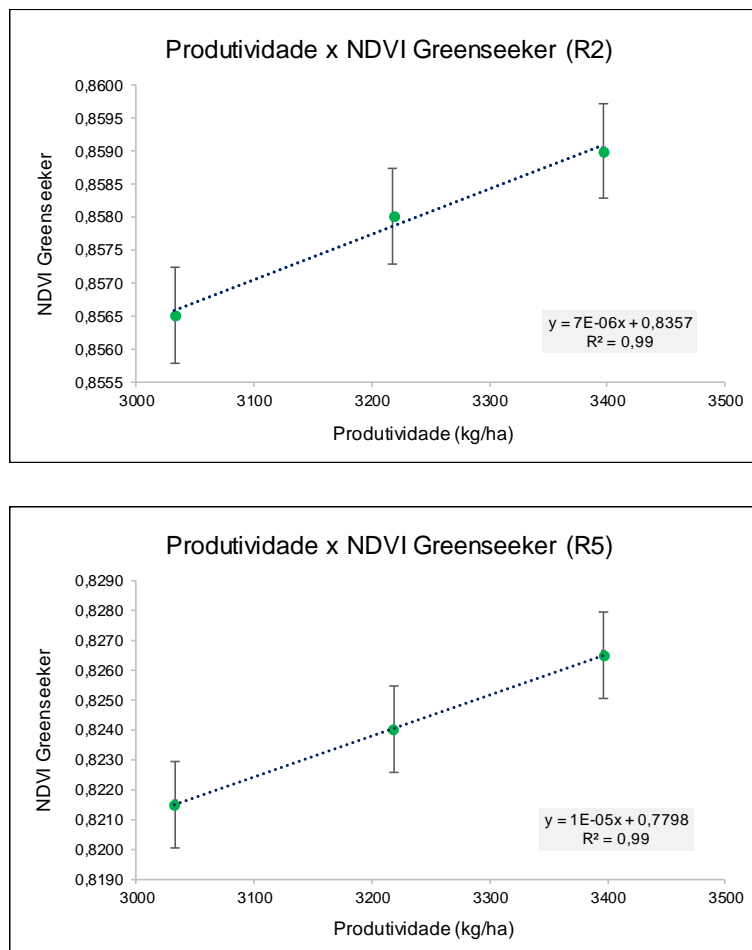
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos pelos diferentes sensores, realizaram-se as correlações entre os dados de produtividade e os valores obtidos pelos IV dos diferentes sensores. As correlações foram feitas com o uso do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) a partir das médias de produtividade e NDVI para cada tratamento. Para todos os dados, foi realizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk, os quais foram considerados normais a um nível de significância de 5%.

Obteve-se no T1, produtividade média de 3396,73 kg/ha, enquanto que para T2, a mesma alcançou 3218,31 kg/ha e T3, atingiu 3032,73 kg/ha.

Utilizando o Greenseeker no estádio R2, pôde-se obter valor médio do NDVI de 0,86, resultando em um  $R^2 = 0,99$ . Já em R5 o sensor obteve média de NDVI de 0,82 e alcançou coeficiente de determinação igual ao do estádio anterior (Figura 3).

Figura 3 – Correlação entre produtividade e NDVI do Greenseeker em R2 e R5.



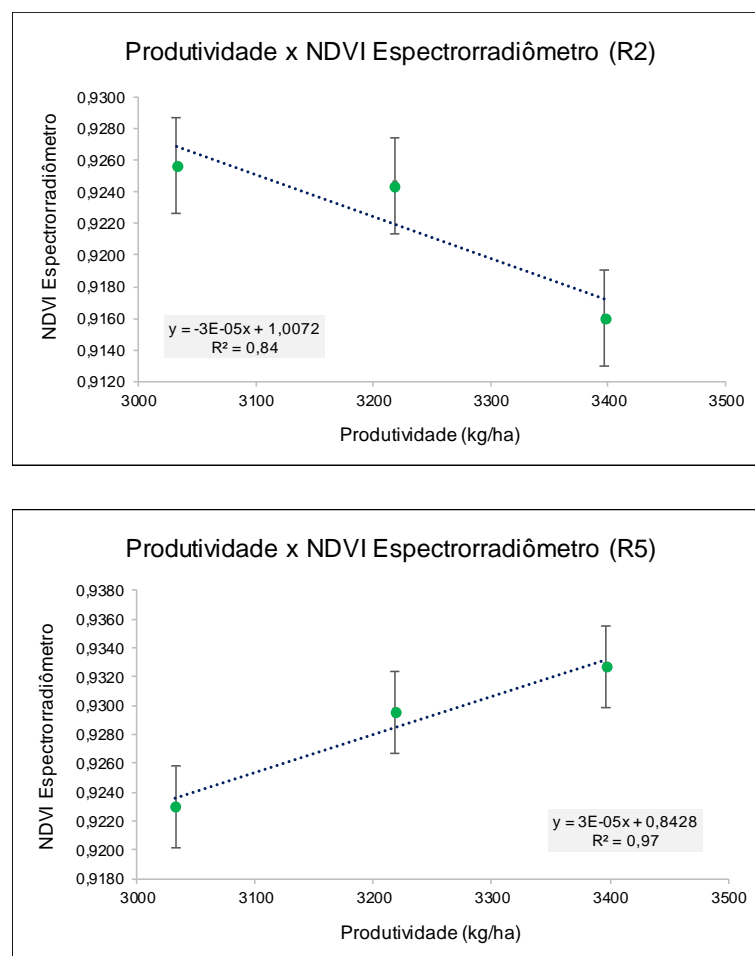
Fonte: Autores (2019).

Nota-se que o valor do NDVI baixou do primeiro para o segundo estádio, sendo que uma das possíveis justificativas para esse comportamento, seja o início da entrada da fase de senescência da planta, porém, essas diferenças no IV, aparentemente não interferiram nas correlações com a produtividade.

Em um estudo semelhante realizado por Crusiol et al. (2013) com o uso do Greenseeker, foi obtido NDVI médio no estágio R2 de 0,80 e R5 o valor de 0,88, demonstrando estar em um crescente no primeiro estágio até alcançar um pico em R5. Esses dados diferenciam-se dos encontrados pelo presente estudo, no qual as médias obtidas para R2 e R5 decresceram -3,9% do primeiro para o segundo estágio, demonstrando que o cultivar pode ter chegado ao seu máximo desenvolvimento no estágio R2.

Com relação ao Espectrorradiômetro, o NDVI gerado pelo sensor teve média no R2 de 0,92 e  $R^2 = 0,84$  enquanto que R5, o IV obteve valor médio de 0,93 e  $R^2 = 0,97$  (Figura 4).

Figura 4 – Correlação entre produtividade e NDVI do Espectrorradiômetro em R2 e R5.



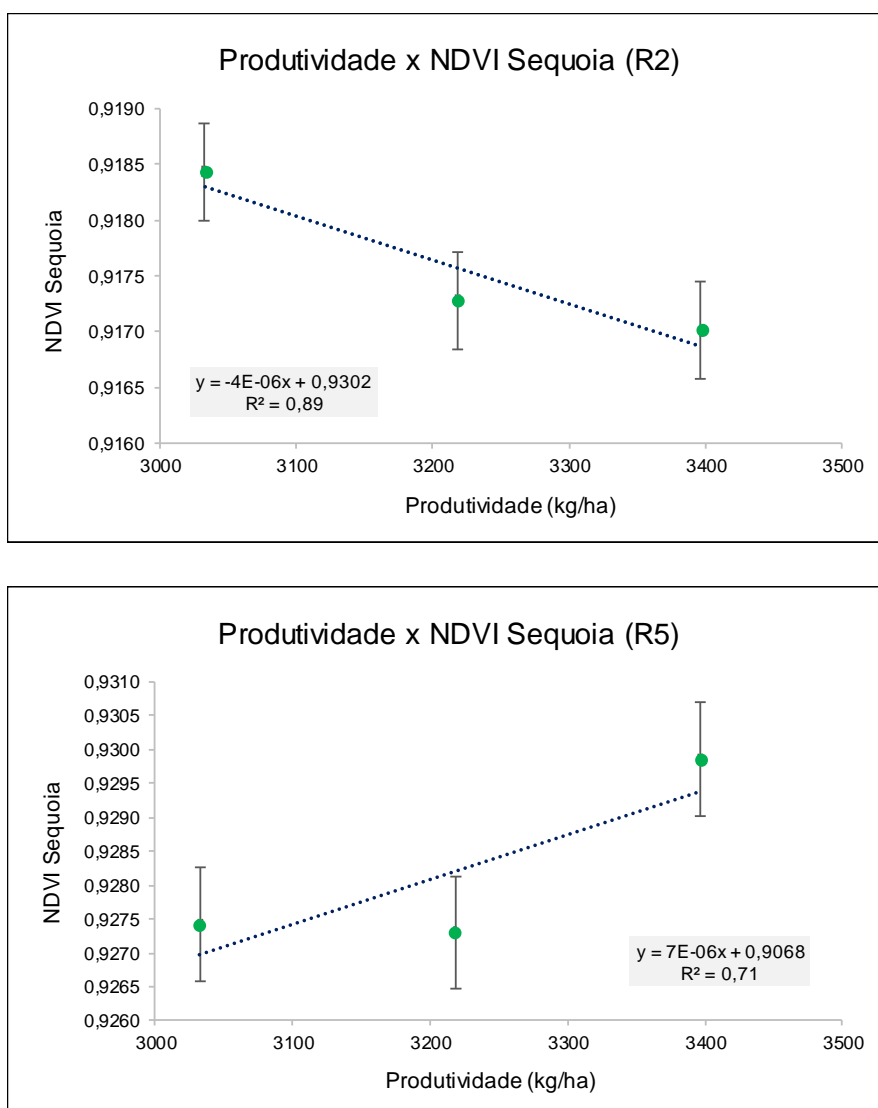
Fonte: Autores (2019).

Percebe-se que o Espectrorradiômetro apresentou maior saturação em R2 e R5 quando comparados os valores do NDVI pelo Greenseeker, mesmo assim, pôde-se obter uma correlação satisfatória em R5. No estágio R2, apesar de ter ocorrido correlação de 0,84, a mesma apresentou-se de forma negativa, justificada pelos valores médios de produtividade de cada tratamento serem inversos as médias de NDVI, ou seja, o tratamento com maior NDVI foi o que obteve menor produtividade entre os três tratamentos. Isso demonstra que os valores do IV obtidos em R2, não podem ser correlacionados com a produtividade final.

O Espectrorradiômetro obteve um leve crescimento de R2 para R5 com os valores médios do NDVI, aumentando 0,7% o valor entre o primeiro e segundo estágio. Os autores Boesing et al. (2014), em estudo semelhante com soja e utilizando o mesmo modelo de Espectrorradiômetro, obtiveram em R5, uma média para o NDVI de 0,92, o mesmo valor do IV encontrado pelo presente estudo no referido estágio.

Com o NDVI obtido pela Sequoia, obteve-se para o primeiro estágio (R2), uma média de 0,92 e  $R^2 = 0,89$ , enquanto que em R5, o IV alcançou 0,93 e  $R^2 = 0,71$  para R5 (Figura 5).

Figura 5 – Correlação entre produtividade e NDVI do Sequoia em R2 e R5.



Fonte: Autores (2019).

Assim como no uso do Espectrorradiômetro em R2, a Sequoia também demonstrou correlação negativa para o referido estágio de desenvolvimento da planta, motivado pela mesma realidade apresentado pelo Espectrorradiômetro em R2. Porém, em R5 a correlação foi mais satisfatória, apesar da mesma ter sido de 0,71, inferior à de R2 ( $R^2 = 0,89$ ).

Assim como o apresentado pelo Espectrorradiômetro, a Sequoia obteve as mesmas médias de NDVI (0,92 e 0,93), porém, os valores de  $R^2$  demonstraram uma queda de semelhança dos dados de produtividade com os do IV em R5.

Conforme Devore (2006), as correlações apresentadas podem ser classificadas entre forte (0,70-0,89) e muito forte (0,90-1,00). Independentemente do estágio de desenvolvimento da planta analisado, o Greenseeker e o Espectrorradiômetro demonstraram valores mais altos de coeficientes de determinação, porém, destaca-se melhor o primeiro sensor (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação de coeficientes de determinação em ordem decrescente de valores para cada estágio de desenvolvimento da soja.

Estádio	$R^2$	Sensor
R2	0,99	Greenseeker
	0,89	Sequoia
	0,84	Espectrorradiômetro
R5	0,99	Greenseeker
	0,97	Espectrorradiômetro
	0,71	Sequoia

Fonte: Autores (2019).

As correlações alcançadas pelo presente trabalho, vão de acordo com a afirmação de Bredemeier et al. (2013), o qual relata que a utilização da banda do infravermelho próximo no cálculo do NDVI, permite estimar o acúmulo de biomassa junto do estágio de desenvolvimento da cultura, dessa forma, refletindo o seu potencial produtivo. O NDVI propicia correlações positivas com a produtividade, em razão da reflectância do dossel de determinado cultivo (MA et al., 2001; ANTUNIASSI et al., 2007).

Os diferentes resultados obtidos com os sensores, não indicam um equívoco do estudo, pois quando se comparam os sensores, deve-se levar em conta que os mesmos possuem distintas formas de funcionamento, além dos posicionamentos de aferição. Dessa forma, entende-se que os resultados obtidos através das correlações podem estar correspondendo com as realidades encontradas a campo. Assim sendo, sugere-se uma repetição do estudo para averiguar e comparar os resultados com os obtidos por esse trabalho.

#### 4 CONCLUSÃO

Com relação a produtividade de uma forma geral, as melhores correlações obtidas ou o mais próximo do desejável possível foi com o uso do Greenseeker, o qual possibilita um bom resultado para o NDVI a partir do estágio R2, quando se busca uma estimativa de produtividade final em cultivo de soja. Para o Espectrorradiômetro, notou-se que o estágio R5 foi o que obteve um melhor desempenho na correlação, dessa forma, recomenda-se o uso do referido sensor para estimar a produtividade com o uso do NDVI a partir desse estágio. Assim como o Espectrorradiômetro, com a utilização da Sequoia, o R5 também é o estágio de desenvolvimento da planta mais indicado para correlacionar a produtividade pelo IV estudado.



## REFERÊNCIAS

- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de uso Civil – RBAC-E nº 94**. 2017. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo\\_norma/RBACE94EMD00.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2019
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de Precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CNPA, 2007. p. 11-21.
- BREDEMEIER, C. et al. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1147-1154, 2013.
- BIZARI, F. G. T.; MALAGOLLI, G. A. O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados na Agricultura de Precisão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO, 8., 2016, Jales. **Anais...** Jales: FATEC, 2016. Disponível em: <<http://www.fatecjales.edu.br/sintagro/images/anais/tematica8/o-uso-deveiculos-aereos-nao-tripulados-na-agricultura-de-precisao.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019
- BOESING, B. F. B. et al. Variabilidade espacial de índices de vegetação na cultura da soja em estágio reprodutivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 6., 2014, São Pedro. **Anais...** São Pedro: USP/ESALQ, 2014. Disponível em: <<http://conbap.sbea.org.br/2014/trabalhos/R0069-1.PDF>>. Acesso em: 21 ago. 2019
- CRUSIOL, L. G. T. et al. NDVI de estádios de desenvolvimento da soja BRS 284 em condições de campo. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 8., 2013, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 87-91.
- DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens LANDSAT-5. **Revista RA'E GA – O Espaço Geográfico em análise**, v. 21, 2011, p. 234-271. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/viewFile/17416/14028>>. Acesso em: 25 ago. 2019.
- DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. São Paulo, SP: Thomson Pioneira, 2006. 706 p.
- FONTANA, D. C. et al. A case study for crop monitoring and harvest forecast in south Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR ENVIRONMENT, 28., 2000, Cape Town. **Proceedings...** Cape Town: ICRSE, 2000. p. 91-94.
- FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 284 p.
- GRISSE, R. et al. Precision Farming: A Comprehensive Approach. **Virginia Cooperative Extension**, Publication 442-500. Communications and Marketing, College of Agriculture and Life

Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. Disponível em:  
<[http://pubs.ext.vt.edu/442/442-500/442-500\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/442/442-500/442-500_pdf.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2019

INAMASU, R. Y. et al. Estratégia de implantação, gestão e funcionamento da Rede Agricultura de Precisão. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C. **Agricultura de Precisão: um novo olhar**. São Carlos, Embrapa Instrumentação. p. 31-39, 2011. Disponível em:  
<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1017368/1/PROCI2011.00260.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2019

LOPES, I. V. et al. Perfis das classes de renda rural no Brasil. **Revista de política agrícola**, v. 21, n. 2, p. 21-27, abr./jun. 2012.

MA, B. L. et al. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 6, p. 1227-1234, 2001.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, SP: INPE, 2002.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010. 388 p.

PLOEG, J. D. **Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização**. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, D. C. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973, v. 1, p. 309-317.

# ANÁLISE DE CLUSTER APLICADA A ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

## *Cluster analysis applied to corn vegetation indices*

Lúcio de Paula Amaral<sup>1</sup>, Marco Ivan Rodrigues Sampaio<sup>1</sup>, Luiz Felipe Dias de Carvalho<sup>2</sup>, Arthur Kich Buhse<sup>3</sup>, Johann Coelho Kunrath<sup>3</sup>, Renan Colpo<sup>4</sup>, Rodrigo Muller<sup>4</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão, PPGAP-UFSM, Av. Roraima 1000, Prédio 70 Bloco F, 97.105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com); [ppgap@politecnico.ufsm.br](mailto:ppgap@politecnico.ufsm.br)

<sup>2</sup> Doutorado em Ciência do Solo, PPGCS-UFSM, Av. Roraima 1000, Prédio 42, 97.105-900, Santa Maria – RS, Brasil.

<sup>3</sup> Graduandos em Agronomia, Disciplina EGR1045 – Vants Aplicados às Ciências Agrárias e Ambientais, DER-CCR/UFSM, Av. Roraima 1000, Prédio 42J, 97.105-900, Santa Maria – RS, Brasil.

<sup>4</sup> Graduandos em Geografia, Disciplina EGR1045 – Vants Aplicados às Ciências Agrárias e Ambientais, DER-CCR/UFSM, Av. Roraima 1000, Prédio 42J, 97.105-900, Santa Maria – RS, Brasil.

## RESUMO

O uso de índices de vegetação (IV) na agricultura é cada vez maior e em situações complexas (muitas variáveis e observações), que demandam o uso de métodos multivariados. O objetivo deste trabalho foi utilizar a análise de Cluster para melhor entender o comportamento espectral de milho submetidos a diferentes doses de nitrogênio. Foram utilizados 38 variáveis e 142 observações (parcelas do bloco 5) do experimento realizado por Carvalho (2019), que investigou doses de Nitrogênio (N) na adubação da cultura do milho realizada 10 dias após a emergência das plântulas. Para o sensoriamento da cultura utilizou-se duas plataformas: a) os sensores Sequoia<sup>®</sup>, embarcado em ARP, b) sensor Optrx<sup>®</sup>, embarcado numa bicicleta adaptada. Foram gerados os IV NDVI e NDRE, com os dois sensores, GNDVI e EVI2 com a Sequoia, nos estádios V5, V7, V9, V11 e V12. Além do número de plantas, teores de N nas plantas, produtividade de grãos foram avaliados. Foi utilizado a análise de Cluster, com o método Ward de ligação e medida de similaridade a distância euclidiana e a mesma ao quadrado. Observou-se a formação de dois grupos (Sequoia/ARP e OPTRX), houve influência dos estágios fisiológicos, sendo o V5 o mais discrepante, os IV obtidos pela Sequoia foram melhor relacionados com a produtividade assim como o NDRE avaliado no estágio V12.

**Palavras-chave:** NDRE. Análise Multivariada. Zea Mays L..

## ABSTRACT

The use of vegetation indices (VI) in agriculture is increasing and it is useful in complex situations (many variables and observations) that require the use of multivariate methods. The objective of this work was to use Cluster to better understand the results of a corn nitrogen fertilizer experiment. Thirty-eight variables and 142 observations (plots of block 5) from Carvalho (2019) experiment were used, with nitrogen (N) doses applied on maize 10 days after seedling emergence. In this experiment, crop sensing with Sequoia<sup>®</sup> sensors, embedded in ARP, and Optrx<sup>®</sup>, embedded in an adapted bicycle. The VI (NDVI and NDRE) were obtained with the two sensors, GNDVI and EVI2 with Sequoia, in corn stages V5, V7, V9, V11 and V12. In addition, the number of plants, plant N content, yield data were evaluated. The cluster analysis was used, with the

Ward method of linking and measuring similarity to Euclidean distance and the same squared. The formation of two groups (Sequoia / ARP and OPTRX) were observed. There was influence of the physiological stages on IV, being V5 the corn stage with more discrepant IV results. The VI obtained with Sequoia was better related with corn yield, and NDRE\_V12.

**Keywords:** NDRE. Análise Multivariada. *Zea Mays* L..

## 1 INTRODUÇÃO

Vários índices de vegetação (IV) são utilizados na agricultura, dentre eles estão o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que é sensível a quantidade de material vegetal verde ou vigor das plantas, o índice de vegetação da borda do vermelho (NDRE), que não sofre os efeitos da saturação observada no NDVI. Além disto, consegue obter dados de camadas mais baixas de plantas de porte alto, a exemplo do milho (*Zea mays* L.), sendo sensível ao teor de clorofila nas plantas e absorção de Nitrogênio pelas plantas. Já o índice de vegetação da diferença normalizada do verde (GNDVI) permite mapear as diferenças de vigor de plantas, e o índice de vegetação realçado (EVI2), que minimiza os efeitos de solo e atmosfera e otimiza a resposta da vegetação com maior densidade de biomassa (ROUSE et al., 1973; BARNES, 2000; JIANG et al., 2008; GITELSON et al., 2006):

$$\text{NDVI}=(\text{NIR}-\text{Red})/(\text{NIR}+\text{Red}); \text{NDRE}=(\text{NIR}-\text{RedEdge})/(\text{NIR}+\text{RedEdge}) \quad (\text{Equação 1 e 2})$$

$$\text{EVI2}= 2,5((\text{NIR}-\text{Red})/((\text{NIR}+2,4\text{Red}+1) )); \text{GNDVI}=(\text{NIR}-\text{Gren})/(\text{NIR}+\text{Gren}) \quad (\text{Equação 3 e 4})$$

Onde: NIR: Reflectância na na banda do infravermelho próximo; Red: Reflectância na banda do vermelho; RedEdge: Reflectância na borda do vermelho; Gren: Reflectância na banda do verde.

Estes IV podem ser obtidos por sensores embarcados em diferentes plataformas, tais como Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) ou plataformas proximais ao solo e/ou dossel da vegetação (MOLIN et al., 2015). A câmera Sequoia<sup>®</sup> é um sensor multiespectral que é embarcado em ARP, e obtém a reflectância nos comprimentos de onda nas bandas espectrais verde (550 nm ± 5nm), vermelho (660 nm ± 5nm), borda do vermelho (735 nm ± 5nm) e infravermelho próximo (790 ± 5nm), com resolução de 1.2 Mp e resolução RGB de 16 Mp, equipada com “Sunshine sensor”, para calibração. Este sensor pode ser utilizado em diferentes alturas de voo, o que influenciará na resolução espacial das imagens e na quantidade de dados obtidos, sendo possível obter diversos IV. Já o *Optrx ACS 430 (Ag Leader)* é um sensor proximal, trabalha com as bandas espectrais do vermelho (630 ± 5nm), infravermelho próximo (770 ± 5nm) e borda do vermelho (730 ± 5 nm), gera os IV NDVI e NDRE. Originalmente foi projetado para ser acoplado na barra de pulverizadores a 0,75 m de altura, obtendo dados de uma área projetada de 3 m<sup>2</sup> de cobertura.

O método de Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH), também conhecido como Clusters ou Análise de Agrupamentos (AA), é uma técnica multivariada que tem por finalidade primária agregar objetos com base nas características que eles possuem, ou seja, classificar os valores de uma matriz de dados em grupos discretos. A AAH ou Cluster classifica os objetos de modo que cada um seja muito semelhante aos outros no agrupamento, em relação a algum critério de seleção pré-determinado. Os agrupamentos resultantes devem então exibir elevada homogeneidade interna entre os objetos e elevada heterogeneidade externa entre os agrupamentos. Assim, se a classificação for bem sucedida, os objetos dentro dos agrupamentos

estarão próximos quando representados graficamente e diferentes agrupamentos estarão distantes em relação uns aos outros (HAIR et al., 2005; VICINI, 2005).

Esta técnica pode ser utilizada para explorar a similaridade entre casos, indivíduos ou objetos (ex. parcelas de um experimento), ou ainda entre variáveis, como será demonstrado no presente trabalho. Diversas medidas de similaridade têm sido propostas, e a medida de distância euclidiana, juntamente com o coeficiente de correlação de Pearson, é a mais utilizada. Com a padronização dos dados originais, estes coeficientes podem ser transformados um no outro. A distância euclidiana é considerada um coeficiente de dissimilaridade, e mede a similaridade entre objetos. Com os coeficientes de similaridade é gerada uma matriz, e estes descrevem o grau de semelhança entre os pares de objetos, sendo arranjados proporcionalmente aos graus de similaridade, formando grupos segundo uma disposição hierárquica, o que irá gerar um dendrograma como resultado, acompanhado de uma matriz de aglomeração, que mostram as relações das variáveis ou amostras agrupadas. O método de aglomeração mais utilizado é o Método Ward ou de variância mínima, que geram agrupamentos ótimos, com minimização da variância intra-grupos e maximização da variância entre-grupos (HAIR et al., 2005; VICINI, 2005). Na Agricultura de Precisão (AP) a AAH pode ser utilizada para a definição de unidades de gestão diferenciadas (UGDs), onde em um mapa de colheita os pixels são os elementos a serem agrupados para formar as UGDs (MOLIN et al., 2015).

Este trabalho considera a hipótese de que existe diferença no comportamento de IV obtidos por diferentes sensores, embarcados em plataformas distintas, e que a análise de clusters pode contribuir na obtenção do melhor entendimento das relações entre os IV determinado em cinco estádios fenológicos da cultura e a produtividade do milho. O objetivo geral deste trabalho foi utilizar a análise de Cluster para explorar e melhor entender parte de um experimento complexo (dados de 38 variáveis obtidas em um bloco), tendo por base a aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada na cultura do milho (*Zea mays* L.), com muitas observações ou repetições de dados (142 observações). Os objetivos específicos foram agrupar as variáveis e observar a influência do uso de dois sensores, um embarcado em ARP (Sequoia) e outro em plataforma terrestre (Optrx), na formação de grupos similares de variáveis, constituídas por quatro IV obtidos em diferentes estádios fenológicos, fontes de variação do experimento, teores de nitrogênio nas plantas e produtividade de milho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

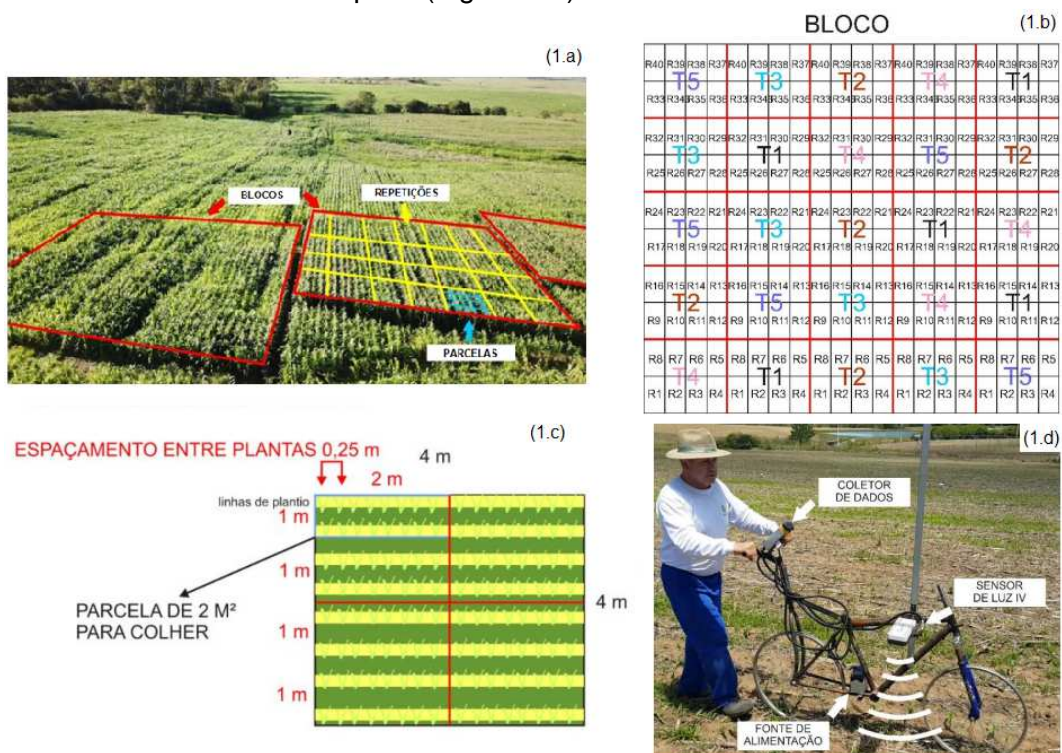
### 2.1 DESCRIÇÃO DA OBTENÇÃO DOS DADOS

Foram utilizados neste trabalho dados cedidos e obtidos em um experimento realizado por Carvalho (2019) no Campus Sede da UFSM, em Santa Maria-RS, em área de cultura de milho, variedade Pioneer 30F53 YH, semeado a 0,5 m entre linhas, com quatro sementes por metro linear, no agrícola 2017/2018. A população ideal foi planejada para ser de 80.000 plantas por hectare, o que corresponde a 16 plantas por parcela do experimento (2x1 m). No entanto, houve uma oscilação no número de plantas, por causas variadas.

O experimento foi composto por cinco tratamentos, Tratamento 1 (T1) a Tratamento 5 (T5), contendo respectivamente aplicação manual de uréia (45% de Nitrogênio) para se obter as doses de 20, 80, 120, 180 e 240 kg de Nitrogênio (N) por hectare, sendo a aplicação realizada dez dias após a emergência das plântulas (DAE). Originalmente, foram instalados cinco blocos ao acaso de 20x20 m, nos quais cada tratamento continham cinco repetições de 4x4 m, subdivididas para a

colheita manual em parcelas menores de 2x1 m (Figura 1.a, 1.b e 1.c), que continham duas linhas de semeadura, cada uma com oito plantas cada, totalizando 16 plantas por parcela, oito parcelas por repetição, 40 parcelas por tratamento e 200 parcelas por bloco. Neste trabalho foram utilizados apenas dados do bloco cinco do experimento, que de suas 200 parcelas foram utilizados dados de 142 parcelas, em função do descarte de 58 parcelas, que não apresentavam a faixa de 14 a 18 plantas no momento da colheita e/ou não apresentavam leituras para alguma variável utilizada.

Figura 1 – Divisão do experimento em blocos (20x20 m) – em vermelho, repetições (4x4 m) – em amarelo, e parcelas (2x1 m) – em ciano (Figura 1.a), detalhamento do bloco e aleatoriedade dos tratamentos (Figura 1.b), Divisão da repetição (4x4 m) em parcelas (2x1 m) (Figura 1.c) e detalhe da coleta de dados com o sensor Optrx® (Figura 1.d).



Fonte: Representação gráfica das parcelas experimentais e da plataforma adaptada a bicicleta por Carvalho (2019).

Nos estádios fenológicos de V5 a V12, Carvalho (2019) realizou coletas de dados com o sensor proximal Optrx ACS 403® (Ag Leader), embarcado em uma estrutura móvel e regulável para manter a distância de 0,6 m entre o dossel das plantas de milho e o sensor (Figura 1.d), e também com o sensor MicaSense Parrot Sequoia®, embarcado na ARP Phantom 4®, sendo que ambos os sensores trabalham além das bandas do espectro do visível. Com o sensor Optrx® foram gerados os índices de vegetação (IV) NDVI e NDRE, já com a Sequoia® foram gerados NDVI, NDRE, GNDVI e EVI2. Os dados obtidos no estádio V6 foram descartados por terem baixo número de observações. Em V8 e V10 Carvalho (2019) não conseguiu obter dados, devido a arquivos corrompidos e condições não adequadas ao voo, respectivamente. Também foram mensurados os teores de Nitrogênio nas plantas de milho, metodologia de Tedesco et al. (1995), nos estádios V7, V11 e V12.

As coletas de dados com a Sequóia embarcada em ARP, foram realizadas com voos a 15 m de altura, com recobrimento lateral e longitudinal de 80%, planejados no aplicativo Dronedeploy<sup>®</sup>, o processamento dos dados e obtenção dos IV foi realizado no aplicativo PIX4Dmapper<sup>®</sup>. Para cada IV foram obtidos os valores médios em cada parcela, para representá-la. Esta atividade foi realizada no Sistema de Informação Geográfica Arc Map 10<sup>®</sup>, com posterior geração de tabela de valores. Para os dados do sensor Optrx também foram obtidas médias das variáveis nas parcelas. Para auxiliar na obtenção destes dados, foram utilizados os limites dos blocos, que foram georreferenciados a campo com receptor GNSS e pós-processados, bem como dos limites das repetições e parcelas.

A colheita foi realizada de forma manual, e depois os grãos foram obtidos por debulha mecanizada, sendo determinado teor de umidade para obtenção da massa seca de grãos em kilogramas por parcela (MS\_G). Com os dados de massa seca dos grãos foram estimadas a quantidade total de Nitrogênio absorvida pelas plantas e a quantidade de Nitrogênio exportada pelos grãos, com base no trabalho de Silva (2016). A partir dos teores médios descritos naquele trabalho, foram elaboradas as fórmulas para a estimativa da quantidade de Nitrogênio absorvido pelas plantas (N\_ABS\_PLA) e quantidade de Nitrogênio exportada pelos grãos (N\_EXP\_G), para o híbrido Pioneer 30F53 YH:

$$N\_ABS\_PLA = MS\_G * 26,35 \text{ e } N\_EXP\_G = MS\_G * 14,00 \quad (\text{Equação 5 e 6})$$

Onde: N\_ABS\_PLA = Nitrogênio absorvido pelas plantas em quilogramas por parcela; N\_EXP\_G = Nitrogênio exportado pelos grãos em quilogramas por parcela; MS\_G = massa seca dos grãos em quilogramas por parcela; 26,35 e 14,00 = fatores de conversão, compostos por valores médios, obtidos do trabalho de Silva (2016).

Ainda, o presente trabalho considerou como fontes de variação as dosagens de Nitrogênio aplicadas pelos tratamentos (20 a 240 kg N.ha<sup>-1</sup>) e número de plantas por parcelas (14 a 18). Carvalho (2019) relatou indícios de ocorrência de déficit hídrico no estádio V11, no momento da coleta de dados com os sensores as plantas enrolaram as folhas, sugerindo proteção quanto à perda de água para o ambiente. Esta condição pode ter afetado os dados de alguma maneira. Desta forma foram obtidas 38 variáveis, sendo as fontes de variação, doses de Nitrogênio – DN e número de plantas por parcela – PLA, os índices de vegetação obtidos pelo sensor Optrx nos estádios considerados, NDVI\_OP\_V5, NDVI\_OP\_V7, NDVI\_OP\_V9, NDVI\_OP\_V11, NDVI\_OP\_V12, NDRE\_OP\_V5, NDRE\_OP\_V7, NDRE\_OP\_V9, NDRE\_OP\_V11 e NDRE\_OP\_V12, os índices de vegetação obtidos pela Sequóia embarcada em ARP, NDVI\_V5, NDRE\_V5, GNDVI\_V5, EVI2\_V5, NDVI\_V7, NDRE\_V7, GNDVI\_V7, EVI2\_V7, NDVI\_V9, NDRE\_V9, GNDVI\_V9, EVI2\_V9, NDVI\_V11, NDRE\_V11, GNDVI\_V11, EVI2\_V11, NDVI\_V12, NDRE\_V12, GNDVI\_V12 e EVI2\_V12, os teores de Nitrogênio nas plantas nos estádios considerados, N%\_V7, N%\_V11 e N%\_V12, os dados de colheita MS\_G, N\_ABS\_PLA e N\_EXP\_G.

## 2.2. ANÁLISE MULTIVARIADA DOS DADOS

Para atender aos objetivos deste trabalho foi utilizada a Análise de Agrupamentos Hierárquicos – AAH, ou Análise de Agrupamento – AA, Cluster (HAIR et al., 2005; VICINI, 2005). Foi utilizado o programa estatístico Statistica 12<sup>®</sup> e os dados obtidos no bloco cinco do experimento realizado por Carvalho (2019), conforme descrito na seção anterior, foram

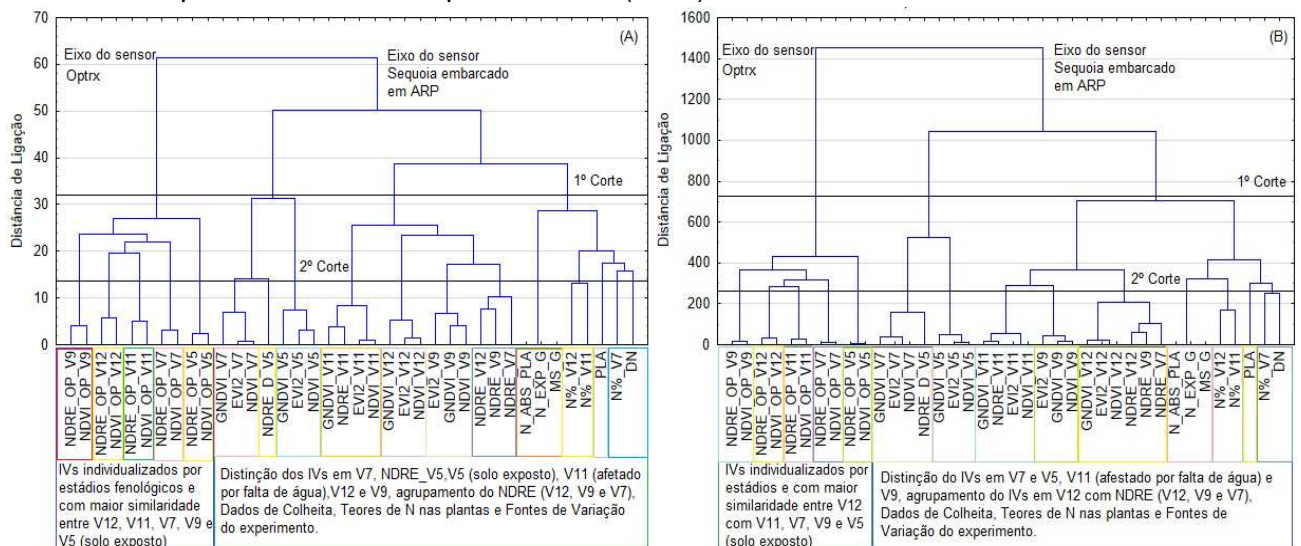
organizados em uma matriz de dados ( $n \times p$ ), com 142 parcelas ( $n$ ) e 38 variáveis ( $p$ ).

Antes de realizar a análise dos dados, os mesmos foram padronizados para eliminar o efeito das escalas de medidas e das unidades de medidas, que por serem diferentes entre as variáveis, influenciam no resultado dos métodos/técnicas de análise multivariada. A padronização consiste em subtrair a média de cada observação das variáveis em análise, e dividir este resultado pelo desvio padrão da variável em questão. Para análise gráfica do resultado, foram gerados dois dendrogramas, ambos com o método Ward para realizar as aglomerações de variáveis e entre os grupos, tendo como variação a medida de similaridade, sendo usada para o primeiro dendrograma a Distância Euclidiana, medida de similaridade mais utilizada, e para o segundo dendrograma, a Distância Euclidiana ao quadrado. Foi também gerada a matriz de aglomeração e a matriz de distância das variáveis, que mostram respectivamente a distância de ligação das mesmas na formação dos grupos e a distância entre variáveis isoladamente (HAIR et al., 2005; VICINI, 2005).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram obtidos dois dendrogramas horizontais pela análise de Cluster (Figura 2), sendo o primeiro obtido pela distância euclidiana (2.A) e o segundo pela distância euclidiana ao quadrado (2.B).

Figura 2 - Dendrogramas horizontais obtidos para agrupamento das variáveis mensuradas no Bloco 5 no experimento realizado por Carvalho (2019).



Fonte: Autores.

O comportamento mais evidente foi a formação de dois eixos, em cada um dos dendrogramas obtidos, influenciados pelos tipos de sensores, o sensor proximal Optrx® e o sensor Sequoia® embarcado em ARP. Mas na análise dos dendrogramas, os cortes realizados são referências para o número de grupos formados. O 1º Corte é feito aproximadamente na metade da maior distância de ligação. Já o 2º corte é feito a critério do pesquisador (HAIR et al., 2005; VICINI, 2005). No primeiro dendrograma a maior distância de ligação foi de 61,30, entre as



variáveis DN e NDRE\_OP\_V9, sendo então as menos similares. Já no segundo dendrograma, esta distância de ligação foi de 1450,38, entre estas mesmas variáveis.

No primeiro dendrograma, com o 1º Corte, observou-se a formação de quatro grandes grupos de variáveis, sendo um no eixo do sensor proximal, e os demais no eixo do sensor embarcado na ARP. Já no segundo dendrograma, foram gerados três grupos com o 1º Corte, sendo um no eixo do sensor proximal e dois no eixo do sensor embarcado em ARP. Este resultado evidencia que os sensores utilizados produzem dados que contêm variabilidades diferentes entre si, mesmo quando considerados os mesmos IV, caso o NDVI e NDRE, obtidos com os dois sensores neste trabalho.

No eixo do sensor proximal foram agrupados os IV NDVI e NDRE, e com o 2º Corte, os grupos formados sugerem ter havido maior influência dos estádios fisiológicos vegetativos das plantas de milho em relação aos IV utilizados. Para os grupos deste eixo, no primeiro dendrograma, as maiores similaridades foram observadas entre os estádios V12 e V11 (distância de 19,53), depois destes com o estádio V7 (distância de 21,93), seguido destes com o estádio V9 (distância de 23,60) e finalmente com o estádio V5 (distância de 26,97). No segundo dendrograma as maiores similaridades foram observadas entre os estádios V12 e V11 (distância de 282,59), depois estes com o estádio V7 (distância de 316,71), seguido destes com o estádio V9 (distância de 368,03) e finalmente com o estádio V5 (distância de 433,33).

Este resultado sugere que pode ter ocorrido maior resposta espectral do solo ou de palha em V5, pois neste estádio fisiológico as plantas de milho apresentam cinco folhas expandidas, independentemente da altura ou idade da planta, e desta forma, pouco recobrem o solo. Assim, a resposta espectral das plantas nas parcelas foi alterada e influenciou os IV considerados. Este comportamento ocorreu em ambos os dendrogramas, e também algo semelhante ocorreu no eixo do sensor Sequoia embarcado em ARP.

No eixo do sensor embarcado em ARP, o 1º Corte gerou um grupo formado pelos IV obtidos nos estádios V5 e V7, com exceção do NDRE\_V7, sendo comum aos dois dendrogramas obtidos. No primeiro dendrograma as maiores similaridades foram entre NDVI\_V7 e EVI2\_V7 (distância de 0,84) e as menores similaridades foram entre NDVI\_V5 e GNDVI\_V7 (distância de 31,24). No 2º Corte, foram gerados três grupos, separando os IV em V7, V5 e isolando o NDRE\_V5, que ficou mais próximo do grupo V7 (distância 14,01). Já no segundo dendrograma, as maiores similaridades foram entre NDVI\_V7 e EVI2\_V7 (distância de 0,71) e as menores similaridades foram entre NDVI\_V5 e GNDVI\_V7 (distância de 524,33). Com o 2º corte foram gerados dois grupos, separando os estádios V5 e V7, sendo que o NDRE\_V5 foi agrupado no grupo do estádio V7. Este resultado sugere novamente a influência do pequeno porte das plantas de milho nestes estádios. Foi observado também que o IV NDRE se comportou de maneira diferenciada neste eixo, permanecendo neste grupo apenas o NDRE\_V5. Isso sugere que o NDRE é menos sensível ao efeito de solo e palha, ao se agrupar em grupos onde plantas de maior porte influenciaram as respostas dos IV. O NDRE é sensível a variações de teor de clorofila nas folhas, bem como aos teores de nitrogênio, fonte de variação principal deste trabalho (BARNES, 2000; HOLLAND e SCHEPERS, 2010).

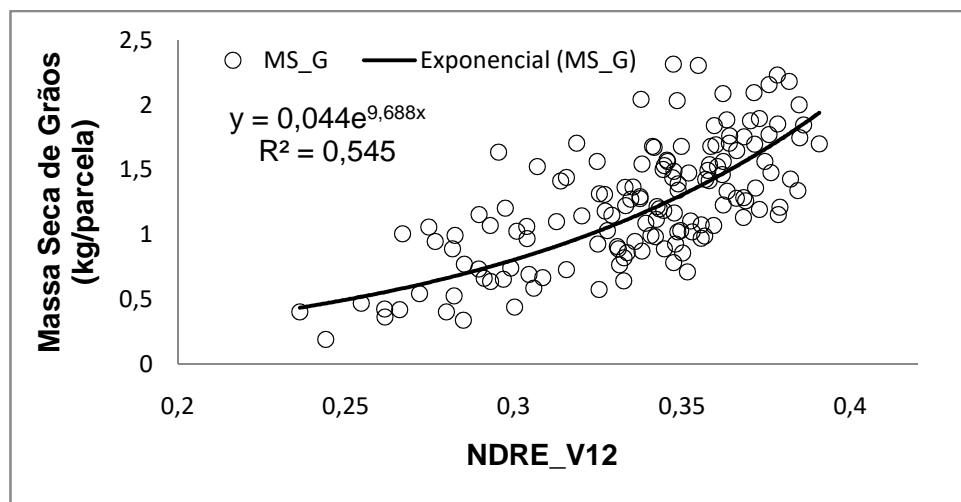
Ainda neste eixo, houve diferença quanto aos demais grupos formados. No primeiro dendrograma, com o 1º Corte, foram gerados dois outros grupos. Um dos grupos foi influenciado pelos IV obtidos com as plantas contendo mais folhas expandidas, portanto recobrando mais o solo, diminuindo a influência deste nos IV obtidos nas plantas das parcelas. As maiores similaridades foram obtidas entre NDVI\_V11 e EVI2\_V11 (distância de 1,08) e as menores similaridades foram entre NDRE\_V7 e GNDVI\_V11 (distância de 25,66). Com o 2º Corte foram

formados os grupos pelos IV obtidos nos estádios V9, agrupando-se ao NDRE (obtido em V9, V12 e V7), posteriormente com V12, e finalmente todos agrupados com V11. O grupo formado pelos IV neste estágio mostrou-se com menor similaridade em relação aos demais, por possivelmente estar sob influência de déficit hídrico, o que corrobora com o descrito por Carvalho (2019). A produção de grãos ficou mais próxima do IV NDRE\_V12 (distância de 9,3), sugerindo que esta é a melhor variável para explicar a produtividade de grãos de milho colhidos na parcela.

O outro grupo formado com o 1º Corte, foi constituído pelas variáveis constituídas pelas fontes de variação do experimento, doses de nitrogênio e número de plantas por parcela, seguidas dos teores de nitrogênio medidos nas plantas em V7, V11 e V12, e por dados de colheita, massa seca de grão, e estimativas de nitrogênio absorvido pelas plantas e exportado pelos grãos, obtidos a partir da primeira variável. As maiores similaridades foram obtidas entre MS\_G e N\_EXP\_G (distância de 0,00) e as menores similaridades foram entre DN e N\_ABS\_PLA (distância de 28,56). Com o 2º Corte, foram individualizadas as variáveis DN, PLA, N%\_V7, e agruparam-se os teores de N em V11 e V12 e os dados de colheita com as estimativas de N a partir desta.

Já no segundo dendrograma, o segundo grupo formado no eixo do sensor embarcado na ARP, foi formado com todas as variáveis que geraram os dois últimos grupos no eixo do sensor embarcado em ARP, no primeiro dendrograma. A maior similaridade foi entre MS\_G e N\_EXP\_G (distância de 0,00) e a menor similaridade foi entre DN e GNDVI\_V11 (distância de 703,61). Nota-se maior proximidade entre as fontes de variação do experimento com os dados de colheita (distância de 415,69) e com os IV obtidos em estágio fisiológicos mais tardios. A produção de grãos ficou mais próxima do IV NDRE\_V12 (distância de 86), sugerindo que esta é a melhor variável para explicar a produtividade de grãos de milho (Figura 3). X.Zhou et al. (2017) relataram que este IV possui alta correlação com a produtividade. Com o 2º Corte, foram formados sete grupos. No lado direito, foi individualizada a variável PLA e foram agrupadas as variáveis DN e N%\_V7, os teores de N nas plantas em V11 e V12, seguidos pelos dados de colheita com os dados de N estimados a partir desta. No lado esquerdo foram agrupadas as variáveis IV em V12 com o NDRE (V12, V9, V7), seguidos pelos demais IV em V9 e V11 (este último com menor similaridade em função do efeito do déficit hídrico), que manteve todos os IV inclusive o NDRE.

Figura 3 - Relação entre produtividade de milho nas parcelas do bloco 5 e IV NDRE\_V12



Usar produtividade de milho (kg/parcela) informar o tamanho da parcela para que possa ser convertido para kg ha. A unidade internacional não seria kg por parcela e sim kg ha ou Mg ha. Agora se não quiser alterar o eixo do Y informar o tamanho da parcela.

#### 4 CONCLUSÕES

Os IV obtidos pelo sensor proximal Optrx® e pelo sensor Sequoia®, embarcado em ARP, apresentam variabilidade distintas, e os dendrogramas sugerem que não é indicado fazer comparações entre os mesmo IV obtidos por diferentes sensores.

Os estádios fisiológicos mostraram influenciar a resposta dos IV, independentemente do sensor utilizado, havendo uma forte distinção entre os estádios vegetativos mais tardios (V12, V11 e V9) em relação aos mais iniciais, considerados neste trabalho, principalmente V5.

O IV NDRE mostrou-se diferenciado em relação aos demais IV, por formar grupo próprio ou associar-se a outros IV obtidos em estádios mais tardios, demonstrando apresentar maior sensibilidade a presença de plantas em relação à presença de solo exposto e palha podendo ser utilizado em estádios mais precoces.

Os IV obtidos pelo sensor Sequoia embarcado em ARP foram os que ficaram mais próximos dos grupos formados pelos dados de produtividade, teores e quantidades de Nitrogênio, apresentando assim maior similaridade, sendo os mais indicados para explicar a variabilidade na produtividade.

O dendrograma gerado pelo método de aglomeração Ward e medida de similaridade Distância Euclidiana, foi mais efetivo para agrupar as variáveis homogêneas e discretizar os grupos, principalmente devido ao grande grupo formado com o 1º Corte, no eixo do sensor embarcado em ARP no segundo dendrograma.

A Análise de Agrupamento indica que a melhor variável para explicar a produtividade de milho foi o IV NDRE\_V12 obtido pelo sensor Sequoia embarcado em ARP.

Sugere-se ainda complementar essas análises com outras análises multivariadas, tais como Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial (AF), para reduzir dimensionalidade e determinar a natureza de cada componente principal (CP) ou fator.

#### REFERÊNCIAS

BARNES, E. M. T. R. et al.. **Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data**. 2000. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.8007&rep=rep1&type=pdf>>.

Acesso em: 23 maio 2019.

CARVALHO, L. F. D. Índices de vegetação obtidos por sensor proximal e embarcado em aeronave remotamente pilotada e sua relação com a produtividade do milho. 91 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

GITELSON, A. A.; KEYDAN, G. P.; MERZLYAK, M. N. Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves.

**Geophysical research letters**, v. 33, 2006.

JIANG, Z. et al.. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band.

**Remote Sensing of Environment**, v.112, p. 3833-3845, 2008.

HAIR JR., J. F. et al.. **Análise multivariada de dados**. 5 ed., Porto Alegre: Editora Bookman, 2005, 593 p.

HOLLAND, K. H.; SCHEPERS, J. S. Derivation of a variable rate nitrogen application model for in-season fertilization of corn. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 5, p. 1415-1424, 2010.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2015, 238 p.

ROUSE J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup>. ERTS-1 Symposium; 1973; Washington, DC. Washington, DC: NASA SP-351; 1973. p.309-17.

SILVA, C. G. M. **Absorção e exportação de macronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de investimento em adubação**. 2016. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, 2016.

TEDESCO, M. J. et al.. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed., Porto Alegre: UFRGS – Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VICINI, L. **Análise Multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: CCNE-UFSM, 2005, 215 p. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/adriano/livro/Caderno%20dedatico%20multivariada%20-%20LIVRO%20FINAL%201.pdf>>. Acesso em: 29 de ago. de 2019.

X. ZHOU et al. Predicting grain yield in Rice using multi-temporal vegetation indices from UAV based multispectral and digital imagery. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 130, p. 246-255, 2017.

# VARIABILIDADE ESPACIAL DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) APLICADO À CLASSIFICAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS

## *Spatial Variability of Vegetation Index (NDVI) applied to classification of degraded pastures*

Mirabor José Leite Junior<sup>1</sup>, Karla da Silva Rocha<sup>1</sup>, Alencar Lucas Soares<sup>2</sup>, Lúcio de Paula Amaral<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Acre, BR-364, Km 04, CEP 69920-900, Rio Branco - AC, Brasil, [mirabor@outlook.com](mailto:mirabor@outlook.com), [rochakarla@uol.com.br](mailto:rochakarla@uol.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria - RS, Brasil, [alencar.soares4@gmail.com](mailto:alencar.soares4@gmail.com), [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com)

### RESUMO

A degradação de pastagens é um dos principais problemas encontrados na pecuária brasileira, comprometendo o desempenho animal e a rentabilidade dos sistemas de produção. Neste sentido, as geotecnologias, especialmente o sensoriamento remoto, vem se mostrando uma importante ferramenta no monitoramento da ocupação e uso do solo. O presente estudo procurou responder às seguintes perguntas: "Imagens orbitais de média resolução ajudam a identificar diferentes níveis de degradação das pastagens?" e "Dados de campo auxiliam na validação das técnicas de sensoriamento remoto para determinar níveis de pastagens degradadas?" Para responder a estas perguntas, foi utilizada a imagem do satélite CBERS-4/PAN10M, bem como a coleta de dados de campo com uso do GNSS (*Global Navigation Satellite System*). A imagem foi classificada utilizando técnicas de interpretação visual e produto do NDVI. Desta maneira, foram definidas quatro classes de degradação: leve, moderado, forte e muito forte. Com base nas análises realizadas, foi possível concluir que a utilização de imagens de satélite em cruzamento com dados coletados em campo possibilita a geração de informações valiosas e precisas na identificação de pastagens degradadas.

**Palavras-chave:** Pecuária de Precisão. Processamento de Imagem. Sensoriamento Remoto.

### ABSTRACT

The degradation of pastures is one of the main problems encountered in Brazilian livestock, compromising animal performance and profitability of production systems. In this sense, the geotechnologies, especially the remote sensing, has been showing an important tool in monitoring the occupation and land use. The present study sought to answer the following questions: "Medium resolution orbital images help in identifying different levels of pasture degradation?" and "Field data assist in the validation of remote sensing techniques to determine levels of degraded pastures?" To answer these questions, was used image of CBERS-4/PAN10M satellite, as well as the collection of field data with GNSS (*Global Navigation Satellite System*) use. The image was classified using NDVI product and visual interpretation techniques. In this way, four degradation classes were defined: light, moderate, strong and very strong. Based on the analyzes performed, it was concluded that the use of satellite images in crossing with data collected in the field enables the generation of valuable and accurate information in the identification of degraded pastures.

**Keywords:** Precision Livestock. Image Processing. Remote Sensing.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque na produção de carne bovina, sendo um dos maiores produtores do mundo, com rebanho que ultrapassa 215 milhões de cabeças (IBGE, 2017). No

entanto, a degradação de pastagens é um dos principais problemas encontrados na pecuária brasileira, comprometendo o desempenho animal e a rentabilidade dos sistemas de produção.

De acordo com a Embrapa (2017), dos mais de 200 milhões de hectares de pastagens nativas ou cultivadas no país, 80% encontram-se com algum grau de degradação – sendo boa parte já em estágio avançado. Tal condição prejudica a produtividade do setor e reflete diretamente no bolso do produtor.

Segundo Dias-Filho (2007), a degradação de pastagem pode ser definida como a queda da produtividade de forma acentuada e contínua ao longo do tempo. Neste processo os pastos perdem vigor e a capacidade de recuperação natural, reduzindo sua produtividade, qualidade e comprometendo a capacidade de lotação de unidades de animal por hectare. Ao atingir um estágio mais avançado, a degradação de pastagens pode gerar prejuízos também aos recursos naturais, como compactação e erosão do solo, problemas de infiltração de água, entre outros.

Diante dessa realidade, existe um número reduzido de pecuaristas recuperando suas pastagens ou até mesmo preocupados com o problema. Isso ocorre porque o custo de recuperação de pastagens muitas vezes é alto, fazendo com que a maioria procure explorar novas áreas ao invés de tentar reverter a situação das pastagens que já foram degradadas. Como resultado, há o aumento na pressão sobre a área de floresta e, conseqüentemente, nas taxas de desmatamento, tornando assim a degradação de pastagem um desafio para o pecuarista aliado à sustentabilidade econômica e ambiental (KICHEL et al., 1999).

O modelo de sucesso tecnológico conhecido atualmente é a Agricultura de Precisão, que pode ser definida como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e a redução do impacto ambiental (MOLIN, 2015).

Apoiada em tecnologias empregadas na Agricultura de Precisão, nos últimos anos surgiu um termo no meio agrônomo conhecido como Pecuária de Precisão. Essa, por sua vez, consiste na mensuração de diferentes parâmetros dos animais e da pastagem. A tecnologia trouxe a possibilidade de realizar essa função de forma automatizada, por meio de aplicativos e *softwares* que monitoram a produção.

De acordo com Banhazi et al. (2012), a Pecuária de Precisão, devidamente implementada, tem o potencial para: melhorar e documentar objetivamente os parâmetros de bem-estar animal, reduzir a emissão de gases de efeito estufa e melhorar os aspectos ambientais dos diferentes sistemas de produção agropecuários. A revisão de Wathes et al. (2008) considera promissora a utilização da Pecuária de Precisão, traçando um paralelo com as práticas de Agricultura de Precisão adotadas na atividade agrícola há algum tempo.

Diante disso, informações provenientes de sensores remotos vêm sendo utilizadas na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação desde a década de 1960. Podem ser medidos por meio dos índices de vegetação, sendo o NDVI (sigla em inglês para Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) um importante parâmetro de avaliação da qualidade da vegetação, pois evidencia, a partir do uso de imagens multiespectrais, o vigor e a caracterização da vegetação de uma área por meio de cálculos matemáticos utilizando a diferença entre reflectâncias (JENSEN, 2009). Dessa forma, o uso e aplicação de geotecnologias, especialmente o sensoriamento remoto apoiado em técnicas de Agricultura e Pecuária de Precisão, vem crescendo nos últimos anos, dada sua importância no campo das ciências agrárias.

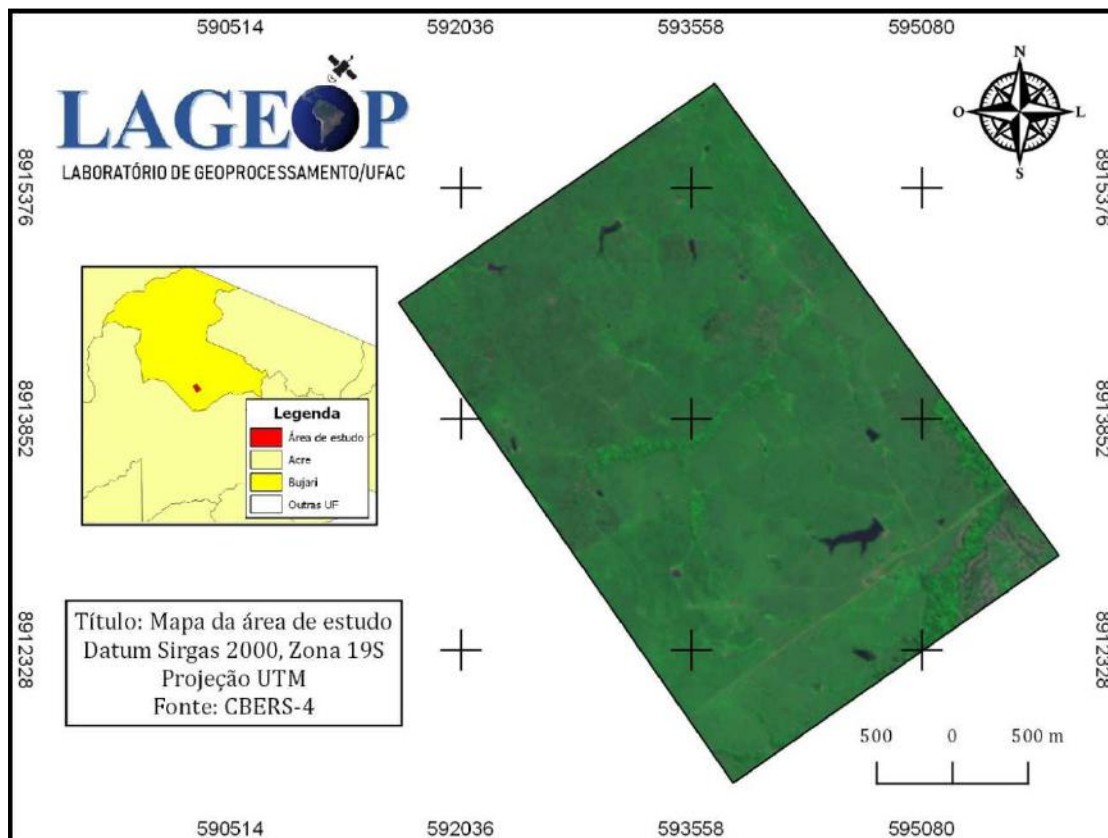
Portanto, considerando que boa parte das pastagens cultivadas no Brasil encontra-se com algum nível de degradação, este estudo tem como objetivo avaliar diferentes classes de

degradação de pastagens a partir de imagens de sensores remotos multiespectrais de média resolução, obtidos de plataformas orbitais, de modo a contribuir para seu uso mais sustentável. Especificamente, procurou-se gerar o índice de vegetação (NDVI) para área de abrangência do estudo utilizando imagem do satélite CBERS-4/PAN10M; e gerar informações de campo para validação da classificação dos níveis de pastagens degradadas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Bujari, Acre, Brasil. Está situada na coordenada central 593789 m E, 8913771 m N (UTM). O local possui uma área total de 1.009,247 ha. A Figura 1 mostra a localização espacial da área de estudo.

Figura 1 - Localização da área de estudo.

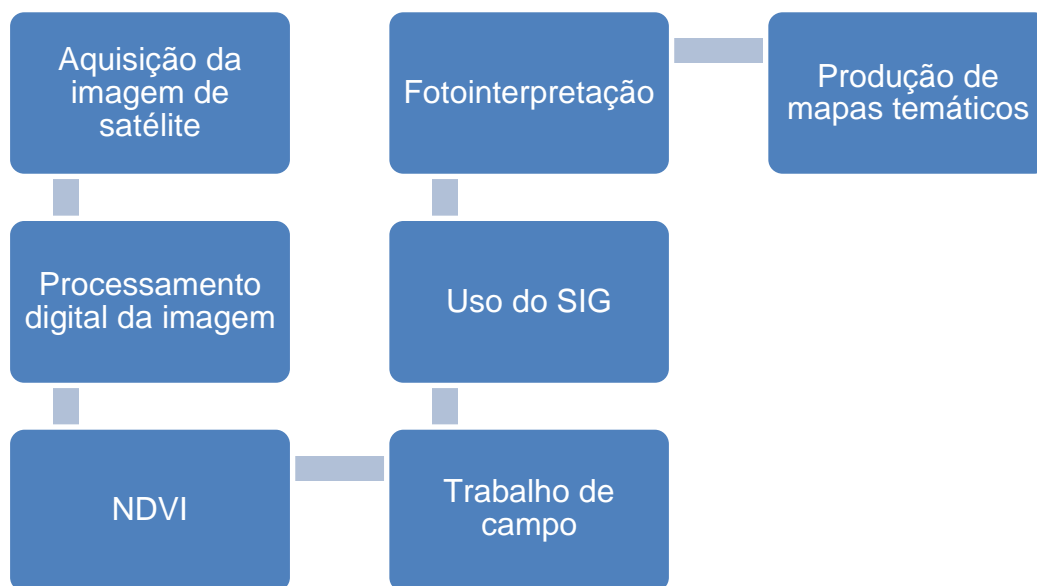


Fonte: Autores.

Para o desenvolvimento do estudo foi elaborado um fluxograma de atividades, onde cada etapa foi de fundamental importância para obtenção dos resultados (Figura 2).

A primeira etapa do estudo consistiu na aquisição, de forma gratuita, de imagem do satélite CBERS-4/PAN10M, por meio do Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A imagem de satélite foi adquirida na órbita 180 e ponto 111 e datada do dia 29 de agosto de 2018 (INPE, 2018). Foram utilizadas as bandas espectrais 2 (0,52 - 0,59  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ) e 4 (0,77 - 0,89  $\mu\text{m}$ ).

Figura 2 - Fluxograma metodológico para a realização do estudo.



Fonte: Autores.

Durante processamento das imagens, utilizando o *software* QGis (versão 2.18.26), foi realizada a composição 3R, 4G, 2B e manipulação de realce com a finalidade de melhorar o aspecto visual da imagem e, assim, a classificação das pastagens. Não foi necessário realizar a correção atmosférica, geométrica e radiométrica da imagem de satélite nesta etapa, visto que ela foi adquirida de forma corrigida mediante ao Catálogo de Imagens do INPE. As informações referentes aos limites da área de estudo coletadas com uso do GNSS foram utilizadas para a realização do recorte espacial da imagem de satélite.

O cálculo do índice de vegetação (NDVI) foi realizado a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas, conforme a fórmula:  $NDVI = (IVP - V)/(IVP + V)$ .

O resultado pode variar de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o indicativo de presença de vegetação e quanto mais próximo de -1, há um maior indício da presença de solo exposto. Isso ocorre porque na faixa do vermelho a clorofila absorve a energia solar, ocasionando uma baixa reflectância. Enquanto isso, na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação, ocasionam uma alta reflectância da energia solar (LOURENÇO; LANDIM, 2004). Para obter o cálculo do NDVI foi necessário realizar, então, a transformação dos níveis de cinza em reflectância.

Após a geração do índice, o trabalho de campo foi realizado com o objetivo de identificar e georreferenciar os diferentes estágios de degradação de pastagem. Para isto, fez-se uso do GNSS. O equipamento utilizado foi o modelo GPSMAP 64s, da fabricante Garmin. Nesta etapa, foi feito um diagnóstico visual das pastagens em diferentes níveis de degradação. As pastagens avaliadas foram fotografadas e georreferenciadas para auxiliar na interpretação e validação dos resultados. Os dados coletados no campo foram utilizados em etapas posteriores para comparar e averiguar a precisão das informações obtidas a partir de dados da imagem de satélite.

As técnicas de SIG foram utilizadas visando padronizar, organizar e integrar os diferentes tipos de dados gerados numa base única de informações. Estas, por sua vez, foram provenientes



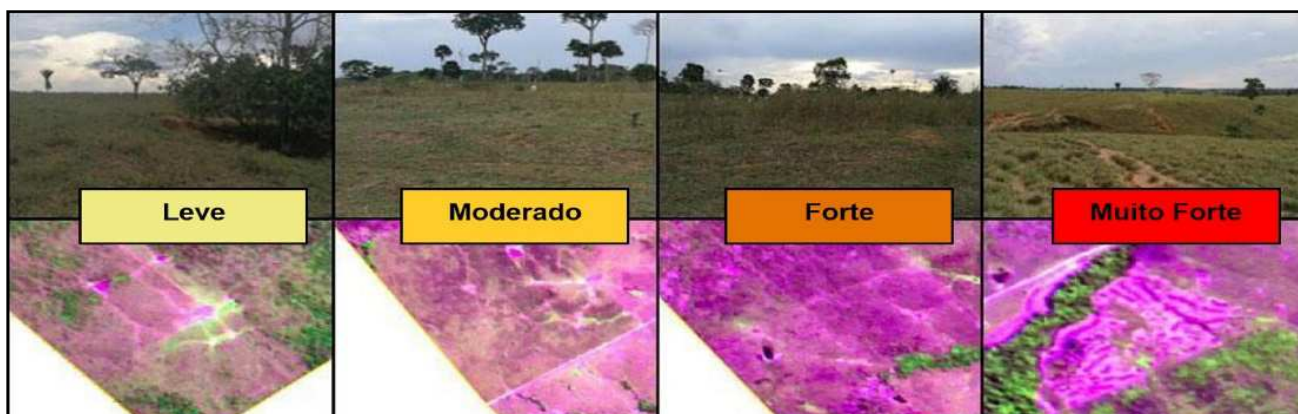
de três fontes de dados, sendo: 1) dados matriciais; 2) dados vetoriais; e 3) dados de campo. Os dados matriciais, também chamados de dados primários, foram representados pelas imagens de satélites orbitais que, após passarem por diversos tratamentos, foram utilizados para classificar os diferentes níveis de degradação de pastagens. A segunda fonte de dados, conhecida também como dados vetoriais, é originada do levantamento de informações geoespaciais de forma digital. Nesta fase, foram coletados pontos de passagem com uso do GNSS para definir o limite da área de estudo. Os dados de campo, terceira e última fonte de dados, referem-se às informações obtidas em campo, tais como: limite das áreas de estudo, coleta de pontos de diferentes níveis de degradação, classes distintas de cobertura da terra e georreferenciamento das fotografias dos pastos. Estas informações serviram para validar os produtos obtidos por meio do processamento digital das imagens de satélite.

Após o processamento digital da imagem e de posse das informações geradas pelos mapas de quantificação de pastagens, NDVI e dados obtidos em campo, foi gerado o mapa dos níveis de degradação – utilizando os princípios básicos da fotointerpretação, segmentação e classificação supervisionada. A segmentação foi realizada utilizando o programa eCognition (versão 9.1). O *software* utilizou algoritmos para segmentar a imagem em diferentes feições obtidas a partir da classificação supervisionada, gerando dados que, posteriormente, foram exportados para o *software* QGIS, que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de Código Aberto.

A princípio, foi feita a divisão entre classes de pastagens degradadas e não degradadas, sendo que as degradadas foram posteriormente subdivididas em quatro níveis de degradação: leve (bom vigor e boa qualidade da pastagem, mas com a presença de algumas plantas daninhas); moderado (baixo vigor, baixa qualidade e baixa população da pastagem, associados com a presença de algumas plantas invasoras); forte (baixo vigor, baixa qualidade e baixa população da pastagem, associado com a presença excessiva de plantas invasoras); e muito forte (baixo vigor, baixa qualidade e baixa população da pastagem, associado com a presença de invasoras, indicativos de erosão ou formação de voçorocas).

A Figura 3 mostra o comparativo entre as imagens de satélite e dados de campo dos diferentes padrões de pastagens de acordo com os níveis de degradação encontrados. Essas informações serviram de base para o processo de classificação dos níveis de degradação.

Figura 3 - Níveis de degradação de pastagens e padrões de imagens do satélite CBERS-4/PAN10M.



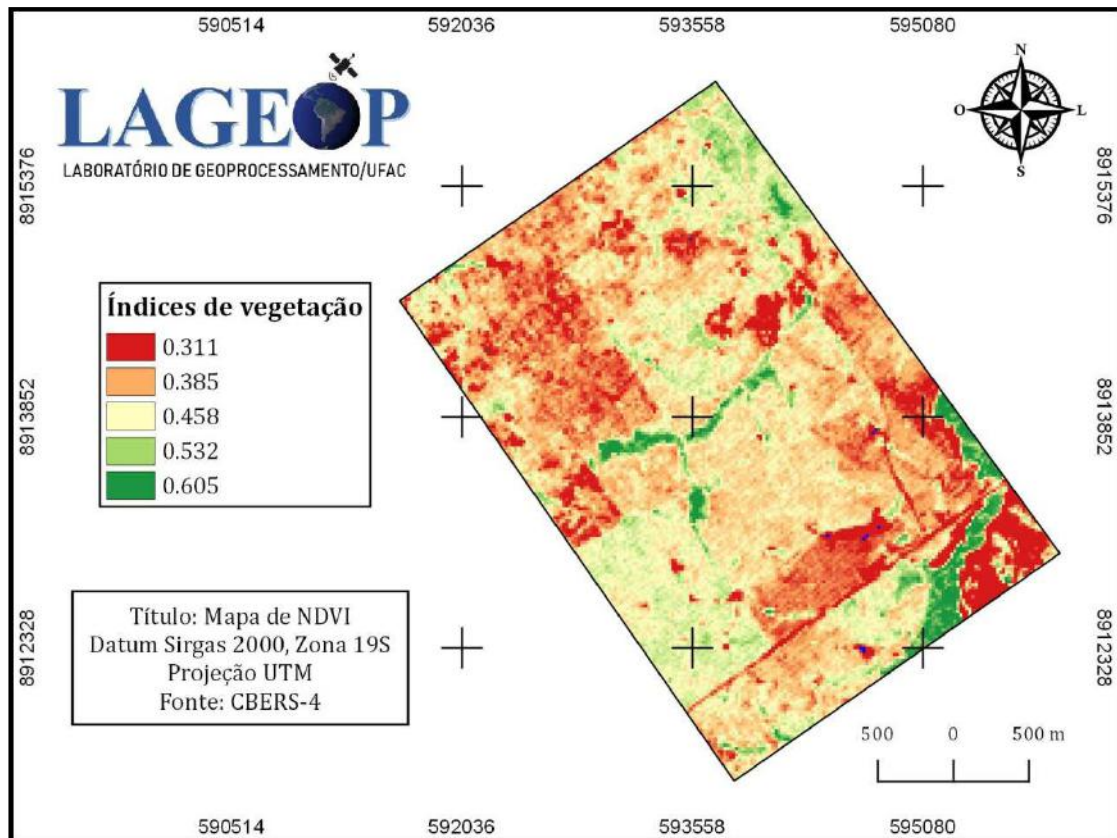
Fonte: Autores.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) NA ÁREA DE ESTUDO

O primeiro produto deste trabalho foi mapa de classes de índices de vegetação (NDVI). (Figura 4). Dessa forma, elementos como corpos d'água e áreas de solo exposto apresentaram baixos valores de reflectância, indicados pelas cores alaranjada e vermelha, enquanto as vegetações mais vigorosas apresentaram valores mais elevados, sendo indicadas na composição pela cor verde. A partir daí, foi possível elaborar os mapas de quantificação e de classificação da área de estudo.

Figura 4 - Mapa de classes de índices de vegetação (NDVI).

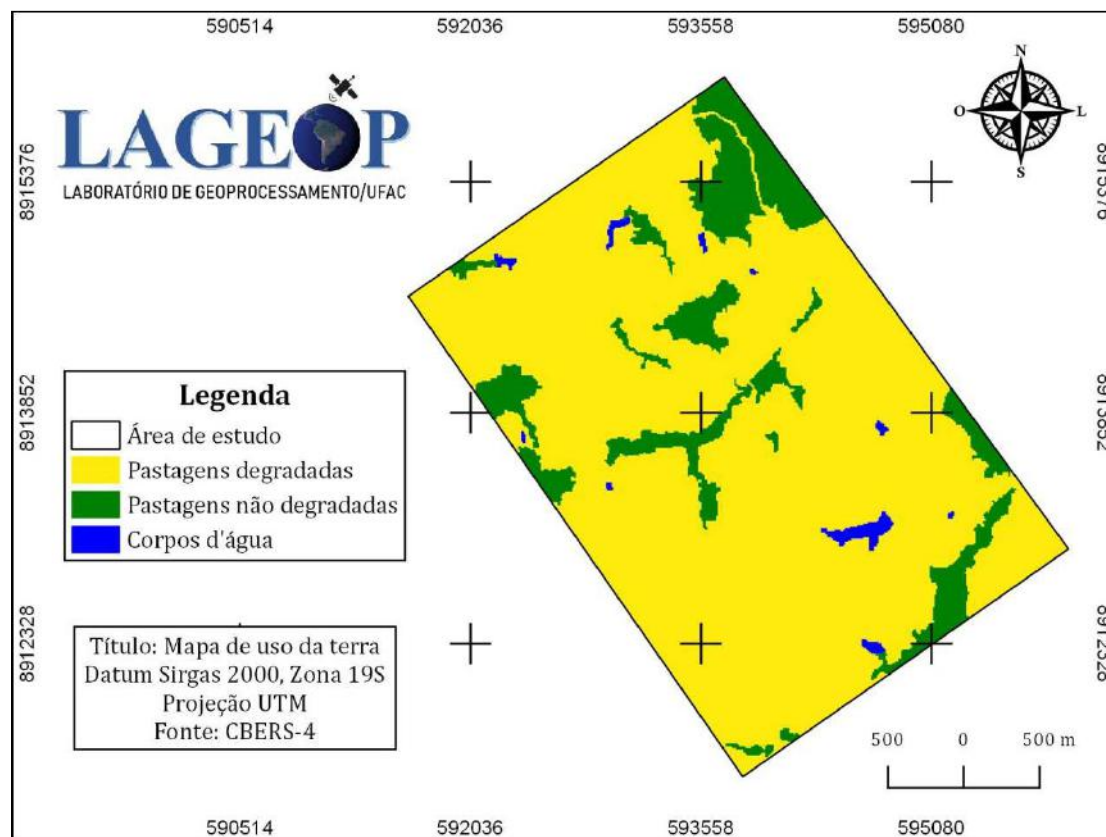


Fonte: Autores.

#### 3.2 QUANTIFICAÇÃO DA PASTAGEM NA ÁREA DE ESTUDO

As imagens multiespectrais de média resolução, obtidas a partir de plataformas orbitais, foram usadas na identificação e diferenciação das classes de pastos presentes na área de estudo. As classes foram criadas com auxílio das informações geradas a partir dos índices de vegetação (NDVI), trabalho de campo e técnicas de fotointerpretação. Estas etapas foram essenciais para elaboração do mapa de quantificação de pastagens e uso da terra (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de quantificação de pastagens e uso da terra.



Fonte: Autores.

A Tabela 1 mostra os valores em hectares e o percentual das classes de uso da terra presentes na área de estudo, que foram divididas entre pastagens com e sem algum nível de degradação.

Tabela 1 - Quantificação das classes de uso da terra em relação a área total de estudo.

Classe	Área (ha)	Percentual (%)
Pastagens degradadas	864,190	85,627
Pastagens não degradadas	135,704	13,446
Corpos d'água	9,353	0,927
<b>Total</b>	<b>1009,247</b>	<b>100</b>

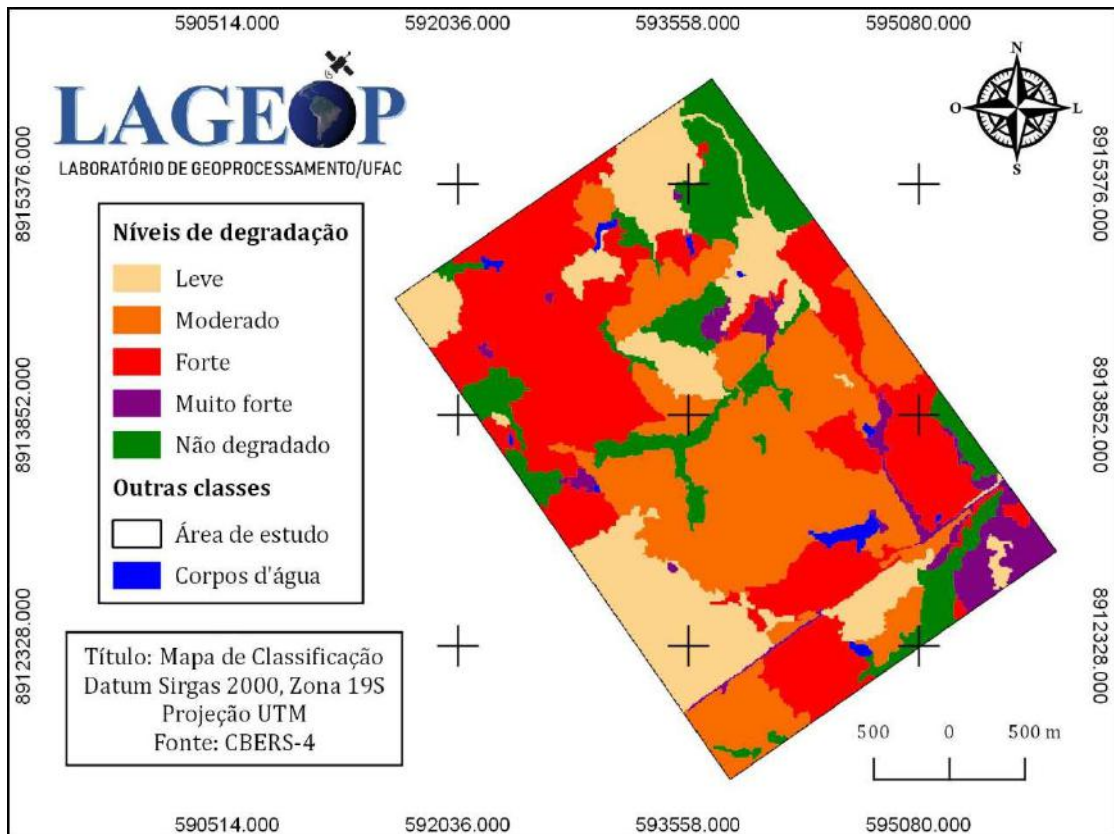
Fonte: Autores.

Dessa forma, de acordo com a tabela anterior, dos quase mil hectares de pastagens presentes na propriedade, mais de 85% encontram-se sob algum nível de degradação. Apesar de o local apresentar um sistema de produção baseado na rotação e pousio de pastejo, tal problema está relacionado ao manejo inadequado realizado nos últimos anos.

### 3.3 NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NA ÁREA DE ESTUDO

Após a análise da quantificação da área, o qual determinou a quantidade e qualidade de pastagem presente na área de estudo e, tomando como base o uso de dados coletados em campo e dados do NDVI, foi elaborado o mapa de classificação de pastagens degradadas (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de classificação de pastagens degradadas.



Fonte: Autores.

Na área de estudo foi possível observar quatro diferentes níveis de degradação de pastagens (Tabela 2). Como dito anteriormente, dos 999,984 hectares de área de pastagem identificados no mapa de quantificação e uso da terra (Figura 5), 85,627% se encontram com algum nível de degradação, representando cerca de 864 hectares de pastagens degradadas. Da área total de pastagens, aproximadamente 13,5% foi classificado como pastagem sem degradação, correspondendo, assim, a 135,704 hectares da área de estudo.

A classe de pastagem de nível leve representa 19,79% da área destinada às pastagens. Esta classe é considerada a área com melhor estado de conservação, uma vez que apresentou melhor cobertura do solo e poucos indicativos de solo exposto e/ou erosão em comparação com as demais classes. De acordo com trabalhos de campo, esta porcentagem de pastagem pode estar relacionada ao fato de ser uma área de recente ocupação, ou seja, com uma baixa densidade de gado por hectare. Este nível de pastagem, ainda de acordo com os resultados do NDVI, promove captação de carbono da atmosfera e apresenta ainda uma eficiência na ciclagem de nutrientes e redução dos processos de erosão.

Tabela 2 - Valores referentes à classificação dos níveis de degradação em relação a área total destinada às pastagens.

Nível de degradação	Área (ha)	Percentual (%)
Leve	197,851	19,787
Moderado	299,081	29,912
Forte	319,247	31,928
Muito forte	48,011	4,802
Não degradado	135,704	13,572
<b>Área total de pastagens</b>	<b>999,894</b>	<b>100</b>

Fonte: Autores.

A pastagem classificada como nível moderado, 29,91%, apresentou em alguns pontos solo exposto e baixo vigor, como pode ser observado na Figura 4. De acordo com o trabalho de campo e a literatura consultada, pode-se inferir que esse resultado é atribuído às características presentes no solo, a baixa fertilidade, as características climáticas da região, o tempo de uso do solo para atividade agropecuária e o tipo de manejo adotado. Segundo Wadt et al. (2003), como medida corretiva deste tipo de degradação é recomendado o pousio da pastagem ou consorciamento com leguminosas, como a puerária ou amendoim-forrageiro.

A degradação da pastagem de nível forte representa 31,93%, alcançando esse nível devido à falta de cobertura do solo, ocasionando perda de nutrientes e aumento gradativo de solo exposto. Além de diminuir a capacidade de produção de biomassa, condiciona o assoreamento dos mananciais e cursos d'água e reduz a capacidade das pastagens em desempenhar seu papel captador de carbono. Neste caso, ainda segundo Wadt et al. (2003), o recomendável é a integração com algum sistema de produção para melhorar seu vigor produtivo.

Por fim, as pastagens de nível muito forte representaram 4,8%. Esta classe é considerada como uma área com estágio crítico de degradação. São caracterizadas pela presença de erosão, onde há a formação de voçorocas. Como medida corretiva, neste caso, o ideal é realizar o planejamento da recuperação desta área, que requer um levantamento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (BACELLAR, 2006).

É importante salientar que a escolha pelo satélite CBERS-4/PAN10M se deu por conta de que sua resolução espacial (10 m na câmera multiespectral) é melhor em comparação com outros satélites comumente utilizados, como é o caso do Landsat 8/OLI (30 m na câmera multiespectral). Tal característica possibilitou uma melhor identificação e classificação de distintas classes de pastagens degradadas, o que foi primordial no alcance dos objetivos inicialmente propostos.

## 4 CONCLUSÃO

O uso de geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto, por meio de imagens de média resolução mostraram-se eficientes para o mapeamento e discriminação de diferentes classes de pastagens degradadas. Dessa maneira, o índice de vegetação NDVI mostrou-se uma excelente ferramenta para analisar pastagem degradada. Ele permitiu observar que pastagens com algum nível de degradação apresentam comportamento espectral diferente de áreas não degradadas.

O mapa de classificação de pastagens degradadas produzido mostrou que é possível se obter informações sobre a qualidade de pastagens com precisão. O trabalho de campo com uso de receptores GNSS foi de fundamental importância para determinar a acurácia do mapa produzido. Os indicadores biofísicos dos níveis de qualidade de pastagens, como a altura das pastagens, presença de plantas daninhas, presença de cupins e erosão foram de grande relevância para validar os resultados obtidos através do processo de classificação.

Portanto, os produtos gerados a partir da identificação e classificação de pastagens degradadas com uso de imagens de satélite são procedimentos que se fazem necessários para determinar a gravidade do problema em escalas local, regional ou nacional e, com isso, subsidiar o produtor ou entidade governamental na tomada de decisão e criação de políticas públicas para a recuperação, manejo e uso racional dessas terras. Além disso, entender como funciona o processo de degradação e o que o ocasiona é de grande importância para a elaboração de técnicas de recuperação das pastagens brasileiras. Logo, é preciso sensibilizar o pecuarista de que o pasto deve ser visto também como uma cultura.

## REFERÊNCIAS

BACELLAR, L. de A. P. **Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas**. Ouro Preto: UFOP, 2006.

BANHAZI, T. M.; LEHR, H.; BLACK, J. L.; CRABTREE, H.; SCHOFIELD, P.; TSCHARKE, M.; ERCKMANS, D. **Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects**. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, v.5, n.3, p.1-9, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

EMBRAPA. **Recuperação de áreas degradadas**. Brasília: Amazônia Oriental, 2017.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 228, 2007.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017: dados preliminares**. Rio de Janeiro, 2017.

INPE. Catálogo de Imagens do Satélite CBERS-4. São José dos Campos, 2018. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>. Acesso em: 29 set. 2018.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. **Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária**. In: SIMPOSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p. 201-234, 1999.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM P. M. B. **Estudo da variabilidade do “índice de vegetação por diferença normatizada /NDVI” utilizando krigagem indicativa**, HALO Enviroment, v. 4, n.1, p. 38-55, 2004.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F.. **Agricultura de Precisão**. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

WADT, S. G. P., S. E. J. PEREIRA, C. R. GONÇALVEZ, C. B. C. SOUZA & S. L. ALVES. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. 1-29. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Documento 90), Rio Branco, 2003.

WATHES, C. M.; KRISTENSEN, H. H.; AERTS, J. M.; BERCKMANS, D. **Is precision livestock farming an engineer’s daydream or nightmare, an animal’s friend or foe, and a farmer’s panacea or pitfall?** Computers and Electronics in Agriculture, v.64, p.2-10, 2008.

## UTILIZAÇÃO DE TRÊS DIMENSÕES DE GRADES DE AMOSTRAGEM OBSERVANDO A VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS DO SOLO

### *Using three dimensions of sampling grids observing variability of soil attributes*

<sup>1</sup>Taiana Cezar Milani, <sup>2</sup>Antônio Luís Santi, <sup>3</sup>Tairon Thiel, <sup>4</sup>Fagner Augusto Rontani, <sup>5</sup>Mariana Poll Moraes, <sup>6</sup>Cleonice Inês Jung, <sup>7</sup>Vinicius da Silva Miguel

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Universidade Federal de Santa Maria, R. Sete de Setembro, s/n, 98400-000, Frederico Westphalen-RS, Brasil, [taiana\\_milani@hotmail.com](mailto:taiana_milani@hotmail.com), [santi\\_pratica@yahoo.com](mailto:santi_pratica@yahoo.com), [taironthiel@hotmail.com](mailto:taironthiel@hotmail.com), [Fagner\\_rontani@outlook.com](mailto:Fagner_rontani@outlook.com), [maripollmoraes@gmail.com](mailto:maripollmoraes@gmail.com), [cleonicejung@hotmail.com](mailto:cleonicejung@hotmail.com), [vinicius.miguel.vsm@outlook.com](mailto:vinicius.miguel.vsm@outlook.com)

### RESUMO

Baseado na evolução da fertilidade do solo e produtividade de soja e milho, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de três grades amostrais em uma propriedade do norte do Rio Grande do Sul. O trabalho foi realizado com base em técnicas da agricultura de precisão e correção da variabilidade espacial dos principais atributos do solo. Utilizou-se dados de fertilidade de três coletas de solo referentes aos anos de 2008, 2012 e 2016 em grid de amostragem de 3, 1, e 0,5 ha. respectivamente. Nesse contexto, a hipótese do trabalho é que a correção da macro variabilidade e posteriormente da micro variabilidade, possa ser uma estratégia eficaz para melhorar a fertilidade do solo e tornar a área mais homogênea. Após a análise dos dados foi possível observar que o uso da agricultura de precisão para a correção e manutenção da fertilidade do solo se mostrou eficiente e a correção da macro variabilidade para a micro variabilidade dos atributos do solo se mostrou eficaz para os atributos fósforo, Índice SMP e pH em água, diminuindo a variabilidade desses atributos.

**Palavras-chave:** Amostragem georreferenciada. Macro variabilidade. Atributos de solo.

### ABSTRACT

Based on the evolution of soil fertility and soybean and corn yield, the objective of this study was to evaluate the efficiency of three sample grids in a farm in the north of Rio Grande do Sul. The work was realized with based on precision agriculture techniques and the correction of the spatial variability of the main soil attributes. Were used fertility data from three soil samples referring to the years of 2008, 2012 and 2016 in sampling grid of 3, 1, and 0.5 ha. respectively. In this context the hypothesis of the work is that a strategy can be the correction of the macro variability and later of the micro variability, be effective to improve soil fertility and make the area more homogeneous. After the analysis of the data it was possible to observe that the use of precision agriculture for the correction and maintenance of the soil fertility was efficient and the correction of the macro variability for the micro variability of the attributes of the soil was effective for the attributes phosphorus, SMP and pH in water, reducing the variability of these attributes.

**Keywords:** Georeferenced sampling. Macro variability. Soil attributes.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão (AP) se transforma e se renova desde seu início em 1990, aperfeiçoando a gestão e entendimento da variabilidade espacial dos atributos do solo-planta-



atmosfera (Lee & Ehsani, 2015; Wilda, 2014). A agricultura de precisão é uma ferramenta que usa a tecnologia de informação para gestão com o objetivo de melhorar a produção, diminuindo custos e elevando a produtividade com o uso de insumos no local e momento correto. (INAMASU et al. 2014; VALENTE, et al. 2011).

A gestão dos processos produtivos agrícolas é uma tarefa onerosa que demanda tempo, pessoa e experiência, se tornando um dos maiores desafios do setor. Atualmente o uso de softwares e sensores vem se tornando cada vez mais comuns para identificação de causas de baixa produtividade, detecção de pragas, doenças e plantas daninhas, auxiliando na tomada de decisão e gradativamente melhorando a gestão dos processos produtivos (LEE & EHSANI, 2015; MARTINS & GALO, 2014; SANTI et al. 2016).

De acordo com Russini et al. (2016) no centro sul do Brasil as técnicas de AP têm sido amplamente utilizadas, se expandindo para áreas do cerrado brasileiro em diferentes culturas. Com a utilização das ferramentas de agricultura de precisão pode-se mensurar a variabilidade espacial dos atributos do solo e planta, dentre elas as que mais se destacam são: amostragem georreferenciada de solo (Cherubin et al., 2015; Wilda, 2014) e os mapas de colheita das culturas com finalidade de entender as causas que levam a ocorrência de regiões da lavoura com alta e baixa produtividade (EITELWEIN, et al. 2016).

As variações espaciais dos atributos químicos do solo se devem a uma série de fatores como o micro relevo, práticas agrícolas de manejo além da própria variabilidade da formação do solo (Artur, et al. 2014), esses fatores determinam se essa variabilidade é em uma escala macro ou micro.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de correção da macrovariabilidade e microvariabilidade na evolução da fertilidade do solo e melhoria da produtividade de soja e milho em uma propriedade do norte do Rio Grande do Sul.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada se localiza no município de Boa vista das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas de latitude 27°42'38" S a 27°43'19" S e longitude: 53°20'06" O a 53°19'59" O, totalizando uma área cultivada de 73.96 ha. O clima da região é classificado como subtropical úmido com verão quente, tipo Cfa segundo classificação de Köppen, com máximas iguais ou superiores a 22°C, mínimas entre -3 a 18°C e precipitação média anual entre 1.900 e 2.200 mm (Alvares et al., 2013). O solo foi classificado de acordo com Santos et al. (2013) como Latossolo Vermelho distrófico típico, relevo suave ondulado e altitude em torno de 540 m.

Para a avaliação da fertilidade do solo foram utilizados dados de três coletas de solo, sendo a primeira realizada no ano de 2008 utilizando uma grade amostral de 3,0 ha. (173.21m x 173.21m), a segunda no ano de 2012 com grade amostral de 1,0 ha. (100m X 100 m.), e a terceira realizada no ano de 2016 em uma grade de 0,5 ha. (70.71m X 70.71 m.). Os atributos avaliados foram: teor de argila (Argila), fósforo (P), potássio (K), pH em água (pH), índice SMP (SMP) e matéria orgânica (M.O), esse último apenas nos anos de 2008 e 2016. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Os dados das análises de solo após organizadas em planilhas, foram importados para o software livre CR Campeiro 7 (Giotto & Robaina, 2007), onde foram estruturados os projetos e, os modelos matemáticos interpolados utilizando krigagem linear objetivando estimar valores para qualquer ponto não amostrado considerando uma estimativa sem tendência e com variância

mínima (OLIVEIRA, et al. 2015). Após interpolação foram gerados mapas temáticos para posterior avaliação da evolução da fertilidade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística descritiva para os três anos de coleta, calculando os valores de média, erro padrão, mediana, moda, desvio padrão, variância da amostra, curtose, assimetria, intervalo, mínimo, máximo, soma, contagem e nível de confiança.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a avaliação descritiva dos dados para os atributos do solo nas diferentes malhas de amostragens apresentados na tabela 1 esclarecem que o coeficiente de curtose e assimetria para os atributos P, pH e Índice SMP, diminuíram da primeira para a terceira coleta, ficando próximos ao valor zero, indicando que os dados se aproximam de uma curva de distribuição de probabilidade normal. Esse resultado é semelhante ao de Milani et al. (2006), Suszek et al. (2011) e Dalchiavon et al. (2017), que observaram uma redução nos valores de curtose e assimetria de conjunto de dados coletados em sistemas de AP. Nesse contexto, a probabilidade de encontrar valores extremamente baixos é dificultada, sendo esse um dos objetivos da AP.

Avaliando o atributo fósforo (P) observa-se que houve um aumento significativo na média da primeira para a segunda coleta, e uma redução da segunda para a terceira (Tabela 1), porém, a última coleta em grade de 0,5 ha, resultou no aumento de 0.38 pontos na média em relação a primeira coleta.

Analisando a tabela 2 a porcentagem de área respectiva às classes em que se apresenta o teor de fósforo é possível notar um comportamento semelhante ao da média do mesmo atributo onde na primeira coleta no ano de 2008 com uma grade de 3,0 ha 26.44 % da área se encontrava com níveis altos de P, e 73,55 % da área com níveis muito alto. Na segunda coleta no ano de 2012 em uma grade de 1,0 ha, apenas 5,76 % da área se encontrava com níveis altos e 94,03 % em condição muito alta, na terceira coleta em uma grade de 0,5 ha 0,04 % da área se encontrava com níveis médios de P e 11,92 % e 88,03 % da área se encontravam com níveis alto e muito alto respectivamente, sendo observadas essas diferenças nos mapas temáticos (Figura 1).

Conforme visualizado nos dados, compreende-se que uma grade de menor tamanho consegue explorar melhor a micro variabilidade do solo, além disso é possível encontrar áreas menores com alguns problemas de nutrientes que possivelmente não seriam detectadas utilizando uma grade amostral maior. De acordo com Webster & Oliver, (2007), usando uma grade amostral pequena, os pontos próximos tendem a ter valores parecidos, o que aumenta a acurácia da estatística melhorando os mapas de fertilidade e reduzindo a probabilidade de erro na recomendação de correção.

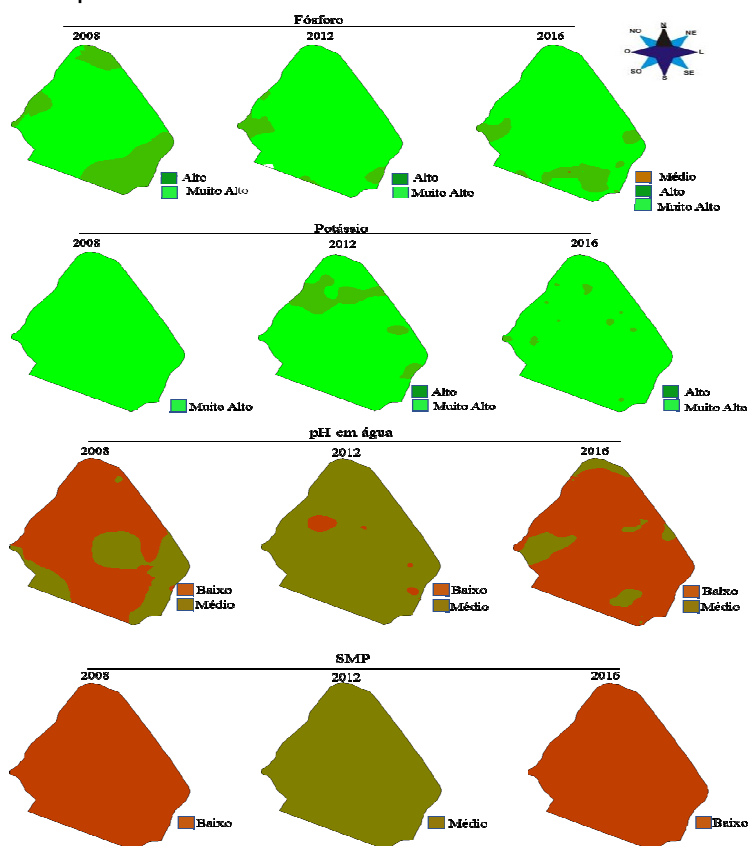
Tabela 1 – Análise estatística descritiva.

	2008				
	<i>Argila</i>	<i>pH</i>	<i>SMP</i>	<i>K</i>	<i>P</i>
Média	57.76	5.46	5.804	171.72	13.124
Erro padrão	1.071	0.024	0.025	4.783	1.207
Mediana	57	5.4	5.8	168	12.4
Moda	54	5.4	5.8	158	13.6
Desvio padrão	5.356	0.122	0.124	23.914	6.033
Variância da amostra	28.69	0.015	0.0154	571.877	36.396
Curtose	-0.410	6.588	3.458	-0.261	1.138
Assimetria	-0.075	2.337	1.198	0.239	1.189
Intervalo	21	0.6	0.6	95	23.8
Mínimo	47	5.3	5.6	128	5
Máximo	68	5.9	6.2	223	28.8
Soma	1444	136.5	145.1	4293	328.1
Contagem	25	25	25	25	25
Nível de confiança (95.0%)	2.211	0.051	0.051	9.871	2.490
	2012				
Média	53.081	5.773	6.738	142.5	17.155
Erro padrão	0.860	0.026	0.015	3.209	0.836
Mediana	52.5	5.8	6.7	140	16.9
Moda	55	5.8	6.8	140	11.2
Desvio padrão	7.394	0.223	0.130	27.601	7.194
Variância da amostra	54.678	0.050	0.017	761.815	51.757
Curtose	-0.307	3.991	0.955	0.859	1.843
Assimetria	0.244	-0.909	0.602	0.810	0.881
Intervalo	34	1.5	0.7	135	40
Mínimo	39	4.8	6.5	90	4.4
Máximo	73	6.3	7.2	225	44.4
Soma	3928	427.2	498.6	10545	1269.5
Contagem	74	74	74	74	74
Nível de confiança (95.0%)	1.713	0.052	0.030	6.395	1.667
	2016				
Média	61	5.293	5.723	170.959	13.327
Erro padrão	0	0.017	0.015	3.555	0.304
Mediana	61	5.3	5.7	165	14
Moda	61	5.3	5.8	152	14
Desvio padrão	0	0.210	0.186	43.108	3.682
Variância da amostra	0	0.044	0.035	1858.272	13.558
Curtose	0	-0.332	-0.157	2.490	-0.274
Assimetria	0	0.095	0.150	1.210	-0.093
Intervalo	0	1.1	0.9	257	18.7
Mínimo	61	4.8	5.3	96	3.3
Máximo	61	5.9	6.2	353	22
Soma	8967	778.06	841.3	25131	1959
Contagem	147	147	147	147	147
Nível de confiança (95.0%)		0.034	0.030	7.027	0.600

Tabela 2 – Porcentagem de área respectiva às classes em que se apresentam os atributos do solo.

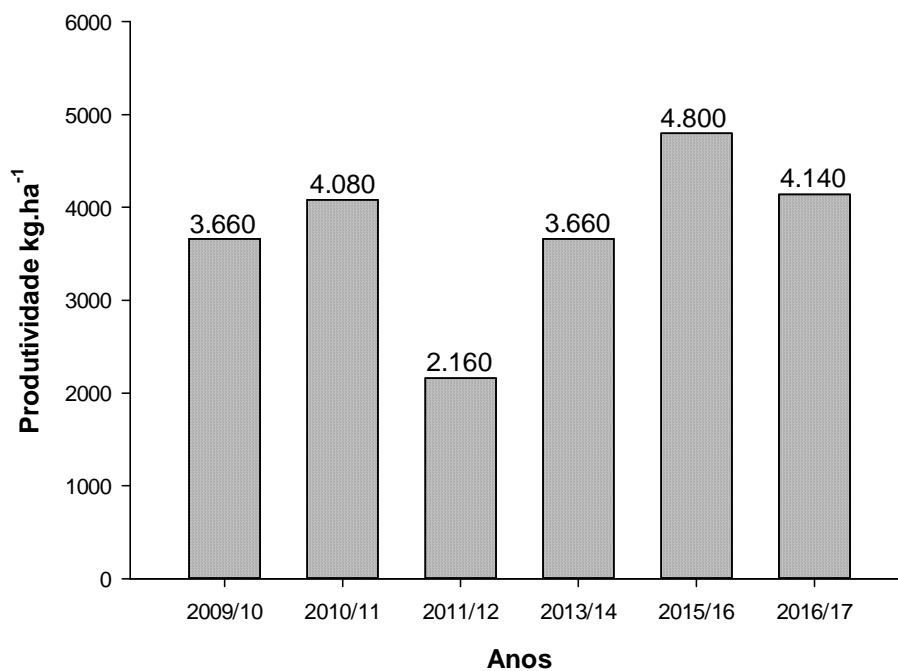
Atributo	Ano	Grade	Classes				
			Muito baixo (%)	Baixo(%)	Médio (%)	Alto (%)	Muito Alto (%)
Fósforo	2008	3,0ha				26.44	73.55
	2012	1,0ha				5.76	94.03
	2016	0,5ha			0.04	11.92	88.03
Potássio	2008	3,0ha					100
	2012	1,0ha				12.36	87.63
	2016	0,5ha				1.9	98.09
pH	2008	3,0ha			72.45	27.54	
	2012	1,0ha			2.73	97.26	
	2016	0,5ha			88.38	11.6	
M.O	2008	3,0ha				100	
	2016	0,5ha			100		
SMP	2008	3,0ha			100		
	2012	1,0ha			100		
	2016	0,5ha		100			

Figura 1 – Mapas de fósforo, potássio, pH em água e índice SMP nos três anos de coleta de solo e com as três malhas respectivas de cada ano



Durante os anos de 2008 a 2016, foi utilizada aplicação de P a taxa variada na linha de semeadura. Esse modo de aplicação se mostrou eficiente levando em consideração um leve aumento nos teores de P com o aumento da produtividade de milho e soja no talhão (Figuras 2 e 3). Esse resultado é semelhante ao encontrado por Santi et al., (2012) onde os autores adotaram a aplicação de P a taxa variada com ferramentas de AP, sendo assim, foi possível observar uma evolução nos níveis do nutriente no solo.

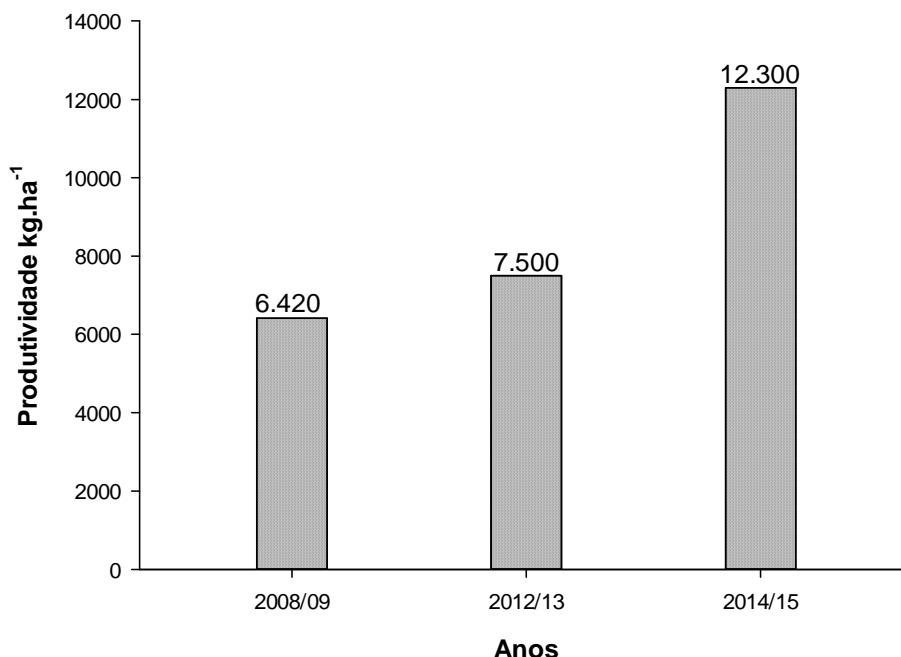
Figura 2 – Produtividade média de soja em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no talhão estudado nos anos agrícolas de 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14, 2015/16 e 2017/18.



É evidente que com o aumento da produtividade média das culturas no talhão tenha aumentado também a exportação do nutriente (Barboza, 2015) o que pode ter influenciado a elevação dos valores no ano de 2012, já que nesse ano a produtividade média do talhão foi a menor nos 8 anos de estudo devido a uma estiagem. Nos anos subsequentes houve um aumento de produtividade, e em função do aumento da exportação é possível que tenha ocorrido uma pequena redução da quantidade do nutriente no solo.

Para a variável K é possível observar uma redução na média da primeira para a segunda coleta, e um aumento da segunda para a terceira ficando com a média bastante próximo a da primeira coleta (Tabela 1). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que na primeira coleta os níveis de K já se encontravam considerados muito altos, acima do nível crítico para as culturas ( $K > 60 \text{ mg dm}^{-3}$ ), de acordo com a classificação do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016). Para esse atributo os valores de curtose e assimetria aumentaram com a diminuição do grid de amostragem, contrariando os dados obtidos por Cherubin et al., (2015) e Suszek et al. (2011), demonstrando que foi possível encontrar valores mais distantes da média e valores de mínimas e máximas mais espaçadas (Tabela 1).

Figura 3 – Produtividade média de milho no talhão estudado nos anos agrícolas de 2008/09, 2012/13 e 2014/15.



Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que uma grade menor de coleta possibilita explorar mais a micro variabilidade do solo pela maior quantidade de pontos amostrais utilizados. Contudo, isso se confirma na figura 3 onde é possível observar no mapa de fertilidade que os pontos com níveis considerados altos são pequenos e isolados, os quais seriam possivelmente desconsiderados na utilização de uma grade maior.

Analisando resultados de atributos como pH e índice SMP nota-se médias reduzidas da primeira para última coleta e porcentagem de área com níveis altos para os atributos (Tabela 1 e 2). Esse resultado é decorrente de uma aplicação de 134 toneladas de calcário após a realização da análise do solo, no ano de 2008, que elevou os níveis de pH e SMP na coleta de 2012. Posteriormente essa aplicação não foi realizado correção destes atributos refletindo em uma acidificação natural do solo observada na coleta de 2016.

De modo geral a média de produtividade de soja e milho teve uma evolução do ano de 2008 para 2016 (Figuras 2 e 3), isso se deve a uma evolução na genética das plantas além de melhorias no manejo das culturas e do solo, considerando também a melhoria da fertilidade nessa evolução.

#### 4 CONCLUSÃO

A correção tanto da macro variabilidade quanto micro variabilidade dos atributos do solo se mostrou eficiente para os atributos fósforo, índice SMP e pH, diminuindo a variabilidade dos atributos. Nesse contexto, a produtividade de soja e milho teve aumento expressivo dos anos 2008 a 2016 na área gerenciada com técnicas de agricultura de precisão.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen"s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: [http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf). Acessado em 10 de abril de 2018. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ARTUR, A. G.; et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB. v.18, n.2, p.141-149, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n2/a03v18n2.pdf>>. Acessado em: 28/05/2018.
- BARBOZA, R. **Produtividade de culturas de grãos obtida pela aplicação isolada e combinada de condicionadores de solo**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria UFSM, RS, 2015. Brasília, v.50, n.2, p.168-177, fev. 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pab/v50n2/0100-204X-pab-50-02-00168.pdf>> Acessado em 10 de abril de 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000200009.
- CHERUBIN, M. R. et al. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesquisa agropecuária brasileira**,
- DALCHIAVON, F. C. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com soja sob plantio direto, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.2, p.144-154, 2017. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711622017144/pdf>> Acessado em: 07/06/2018. DOI: 10.5965/223811711622017144.
- EITELWEIN, M. T. et al. Mapeamento da produtividade de grãos e utilização dos mapas. In: SANTI, A. L. et al. **A agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS, CESPOL, 2016. Pg 99-119.
- GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. **A agricultura de precisão com o CR Campeiro 7**. Manual do usuário. Santa Maria: UFSM/Centro de Ciências Rurais/Departamento de Engenharia Rural/Laboratório de Geomática, 2007, 319p.
- INAMASU, R. Y & BERNARDI, A. C. de C. In: BERNARDI, A. C. de C. **Agricultura de precisão Resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p.
- LEE, W. S.; EHSANI, R. Sensing systems for precision agriculture in Florida **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 112, p. 2-9, 2015. Disponível em: <http://abe.ufl.edu/precag/pdf/2015LeeWS-COMPAG.pdf>. Acessado em: 10 de abril de 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2014.11.0050168-1699>.
- Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2006. 376p.

MARTINS, G. D. & GALO, M. L. B. T. detecção de áreas infestadas por nematoides e *migdolus fryanus* em cultura canavieira a partir de imagens multiespectrais rapidezye. **Revista Brasileira de Cartografia** 2014 N° 66/2: 285-301. Disponível em:

<<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/viewFile/535/678>> acessado em: 10 de abril de 2018.

MILANI, L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J.A; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/3030/303026571004>>. Acessado em 02/06/2018.

OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDÃO, Z. N.; Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper. Brasília DF, 2015. Pg 57.

RUSSINI, A.; CHERUBIN, M. R.; BERAS, G. J. Análise econômica do uso da agricultura de precisão. In: SANTI et al. **A agricultura de precisão do Rio Grande de Sul**. Santa Maria, RS, CESPOL, 2016. Pg 121-135.

SANTI, A. L. et al. Distribuição horizontal e vertical de fósforo e potássio em área manejada com ferramentas de Agricultura de Precisão. **Revista Plantio Direto**, 2012. Disponível em:< <http://www.campo.com.br/cta/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Distribuição-Horizontal-e-vertical-de-fósforo-e-potássio.pdf>> Acessado em: 29/05/2018.

SANTI, A. L. et al. Levantamento de plantas daninhas na cultura da soja com as ferramentas da agricultura de precisão. In> SANTI, A. L. **A agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. CESPOL, 2016. Pg 213-232.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SUSZEK, G.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; NOBREGA, L. H. P. Determination of management zones from normalized and standardized equivalent productivity maps in the soybean culture. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.895-905, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n5/07.pdf>>. Acessado em: 02/06/2018.

VALENTE, J. et al. An Air-Ground Wireless Sensor Network for Crop Monitoring, **Sensors**, Madrid, Spain, 2011. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1424-8220/11/6/6088>. Acessado em: 10 de abril de 2018. DOI: 10.3390/s110606088.

WEBSTER, R.; OLIVER, M.A. **Geostatistics for environmental scientists**. 2nd ed. Chichester: J. Wiley, 2007. 330p. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470517277>> Acessado em: 10/06/2018 DOI: 10.1002/9780470517277



WILDA, L. R. M. **Amostragem georreferenciada e aplicação à taxa variável de corretivos e fertilizantes: Dinâmica da fertilidade do solo em lavoura de grãos no cerrado.** Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em ciência do solo, Universidade Federal de Lavras, 2014.

## USO DE IMAGENS E PROCESSAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA QUANTIFICAR TAXA DE COBERTURA DO SOLO EM SISTEMAS CONSORCIADOS

### *Use of images and low-cost processing to quantify soil cover rate in intercropping systems*

Flávia Constantino Meirelles<sup>1</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>1</sup>, Alex Rangel Gonzaga<sup>1</sup>, Adailza Guilherme Cavalcante<sup>1</sup>, Caroline da Silva Giroto<sup>2</sup>, Vitória Caroline Crispim Rosa Parra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, S/N - Vila Industrial, 14884-900, Jaboticabal – SP, Brasil, [flavia.meirelles1905@gmail.com](mailto:flavia.meirelles1905@gmail.com),

[leandro.lemos@unesp.br](mailto:leandro.lemos@unesp.br), [alexgonzaga.agr@gmail.com](mailto:alexgonzaga.agr@gmail.com), [adailzacavalcante@gmail.com](mailto:adailzacavalcante@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade de Marília, Avenida Hygino Muzzy Filho, 1001, 17525-902 Marília-SP, Brasil.

[csgiroto@gmail.com](mailto:csgiroto@gmail.com), [vitoriacaroline9185@gmail.com](mailto:vitoriacaroline9185@gmail.com)

### RESUMO

Objetivou-se utilizar ferramenta de agricultura de precisão, de baixo custo, para avaliar o desenvolvimento do consórcio entre plantas de arroz e plantas de cobertura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 8x5, sendo os tratamentos compostos por oito sistemas de cultivo (arroz + *Crotalaria breviflora*; arroz + *C. spectabilis*; arroz + feijão-de-porco; arroz + guandu-anão; arroz + calopogônio; arroz + amendoim forrageiro; arroz + estilosantes; arroz exclusivo), e cinco épocas de avaliação da taxa de cobertura do solo (15, 30, 45, 60 e 80 DAE), quando as plantas de coberturas foram semeadas simultaneamente ao arroz ou 25 DAE do arroz. As maiores taxas de coberturas do solo ocorreram no consórcio simultâneo de arroz com guandu-anão, feijão-de-porco, *C. spectabilis* e calopogônio. Enquanto no consórcio aos 25 DAE destacou-se os consórcios de arroz com guandu-anão e feijão-de-porco. No geral houve aumento da taxa de cobertura do solo ao longo das épocas de avaliação.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L. Plantas de cobertura. Consórcio de plantas.

### ABSTRACT

The objective was to use a low-cost precision agriculture tool to evaluate the development of the intercropping between rice and cover crops. The experimental design was in randomized blocks in factorial scheme 8x5, and the treatments consisted of eight cultivation systems (rice + *Crotalaria breviflora*, rice + *C. spectabilis*, rice + *Canavalia ensiformis*, rice + *Cajanus cajan*, rice + *Calopogonium muconoides*, rice + *Arachis pintoi*, rice + *Stylosanthes*, exclusive rice), and five times of soil cover rate assessment (15, 30, 45, 60 and 80 DAE) when cover crops were sown simultaneously with rice or 25 DAE of rice. The highest rates of soil cover occurred in the simultaneous intercropping of rice with *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *C. spectabilis* and *Calopogonium muconoides*. While in the intercropping at 25 DAE, the rice + *Cajanus cajan* and rice + *Canavalia ensiformis* stood out. Overall there was an increase in the soil cover rate over the evaluation seasons.

**Keywords:** *Oryza sativa* L. Cover crops. Plants intercropping.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de sistemas agrícolas sustentáveis é fundamental para a produção de alimentos que está em crescente demanda. Entre esses sistemas, pode-se citar o sistema plantio direto, que preconiza o mínimo revolvimento do solo, a rotação de culturas e a cobertura do solo (CRUZ et al., 2001).

Em clima tropical, a manutenção do solo coberto é um desafio pela sua rápida decomposição (COSTA et al., 2014). O uso de plantas de cobertura é uma alternativa viável para a produção de massa no sistema além de tantos outros benefícios proporcionados como liberação de nutrientes pela decomposição da palhada, descompactação biológica do solo, fixação biológica do nitrogênio, no caso das leguminosas, e diversificação de cultivo (CALEGARI; COSTA, 2009)

Entretanto, essas plantas quando cultivadas na primavera/verão ocupam o espaço de uma espécie comercial que gera renda ao produtor. O consórcio entre plantas é uma maneira de aliar a produção de alimentos à produção de biomassa para manutenção de palhada no solo. O consórcio nada mais é que o cultivo de diferentes espécies em um mesmo local que coexistem durante um período (OFORI; STERN, 1987; HAUGGAARD-NIELSEN et al., 2007)

O consórcio de plantas de coberturas (leguminosas) com arroz, pode ser uma alternativa viável, pois o arroz é um alimento básico que está em crescente demanda, e o uso de consórcio tonaria o sistema mais conservacionista. O consórcio proporciona vários benefícios ao sistema produtivo como maior produção de massa vegetal no sistema, diversificação de espécies, redução de riscos de pragas e doenças (GURR et al., 2003) e a cobertura do solo reduz os riscos de erosão (MESCHED; FERREIRA; RIBEIRO JÚNIOR, 2007) e a incidência de plantas daninhas (CARDOSO et al., 2012).

Para a verificação da cobertura do solo existem métodos convencionais que utilizam ferramentas como armações com orifícios para contagem de pontos com biomassa. Porém, esses métodos são, muitas vezes, subjetivos e demandam tempo para efetuar a medição.

Inúmeras técnicas de sensoriamento remoto podem ser utilizadas para a quantificação da cobertura vegetal sobre o solo, algumas podem ser onerosas, dificultando o acesso do pequeno e médio produtor. Tecnologias de baixo custo vêm sendo desenvolvidas para facilitar o acesso à agricultura de precisão, permitindo o manejo e o acompanhamento do desenvolvimento das culturas, auxiliando nas tomadas de decisões. Visando a sustentabilidade, ferramentas como o aplicativo Canopeo© permitem que através de fotografias obtidas por smartphones seja possível quantificar a taxa de cobertura do solo com precisão de 90% (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015). A fim de tornar a avaliação mais precisa e rápida, podem ser utilizadas imagens obtidas através de smartphones e posterior análise dessas imagens em aplicativos como o Canopeo©. Este aplicativo é capaz de determinar a taxa de cobertura do solo (em porcentagem) através da reflexão da cor verde de fotografias (PATRIGNANI; OSCHSNER, 2015). Essa ferramenta possui grande importância para a implantação do SPD, pois esse sistema requer que pelo menos 50% do solo esteja coberto (ALVARENGA et al., 2001).

O Canopeo© possui várias funções além do monitoramento de crescimento de plantas, como controle de pastagens ao pastoreio, taxa de lotação e estado da pastagem, quantificação de fatores ambientais como estresse hídrico, auxílio na recomendação da adubação nitrogenada e estimativa de radiação interceptada. De acordo com Patrignani e Ochsner (2015) o Canopeo© é 20 a 130 vezes mais rápido que o SigmaScan e 75 a 2500 vezes mais rápido que o SamplePoint.

Objetivou-se utilizar ferramenta de agricultura de precisão e baixo custo para avaliar o desenvolvimento do consórcio entre plantas de arroz e plantas de cobertura.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2018/19 no município de Jaboticabal-SP, localizado aproximadamente na latitude de 21° 14' 33" S e longitude de 48° 17' 10" W, a altitude média de 565 metros, com clima Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno (CENTURION, 1982), em Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 8 x 5, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por oito sistemas de cultivo (arroz + *Crotalaria breviflora*; arroz + *C. spectabilis*; arroz + feijão-de-porco; arroz + guandu-anão; arroz + calopogônio; arroz + amendoim forrageiro; arroz + estilosantes; arroz exclusivo), combinados com cinco épocas de avaliação da taxa de cobertura do solo (15, 30, 45, 60 e 80 DAE do arroz). A implantação das plantas de coberturas em consórcio com o arroz foi realizada em dois momentos, simultaneamente e aos 25 DAE do arroz.

A semeadura do arroz de terras altas foi realizada utilizando 70 kg ha<sup>-1</sup> de semente da cultivar BRS Esmeralda. A densidade de semeadura das leguminosas foi a quantidade recomendada para *Crotalaria breviflora* (12-15 kg ha<sup>-1</sup>), *Crotalaria spectabilis* (12-15 kg ha<sup>-1</sup>), feijão-de-porco (80-100 kg ha<sup>-1</sup>), guandu-anão (35-40 kg ha<sup>-1</sup>), calopogônio (4-8 kg ha<sup>-1</sup>), amendoim forrageiro (6-10 kg ha<sup>-1</sup>), estilosantes (3-4 kg ha<sup>-1</sup>).

As sementes foram tratadas com inseticida. A semeadura do arroz e dos consórcios simultâneos foi realizada no dia 13 de novembro de 2018. O adubo foi aplicado de acordo com as características químicas do solo, utilizando-se 210 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 8-28-16. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. O manejo fitossanitário foi realizado com produtos específicos para cada caso, as plantas daninhas foram controladas com herbicidas específicos e capinas manuais.

Cada parcela foi composta por seis linhas de arroz, de 5 m de comprimento, espaçadas a 45 cm, totalizando uma área de 2,7 m<sup>2</sup>. As leguminosas foram semeadas entre as linhas de arroz, distanciando 22,5 cm destas. Houve o fornecimento de água, via irrigação por aspersão, com turno de rega entre 3 e 6 dias, aplicando-se uma lâmina de 10 a 15 mm.

A avaliação da porcentagem de cobertura do solo pelas plantas cultivadas foi feita com o auxílio do aplicativo Canopeo® v 2.0 (desenvolvido usando Matlab), devidamente instalado em um smartphone, de acordo com as recomendações dos desenvolvedores do software (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015). Uma armação retangular (1,00m x 0,50 m) foi confeccionada para que as medições fossem feitas sempre à mesma altura do dossel das plantas. O aplicativo usa o sistema de cores RGB (red-green-blue) e é capaz de transformar a cor verde em branco com um ajuste manual fácil e produz a porcentagem de pixels brancos em uma determinada moldura. Além disso, pode ser estimada a biomassa das plantas pela cor verde, através da contagem de pixels verdes (CHUNG et al., 2017). Após o registro das imagens, estas foram submetidas ao aplicativo Canopeo®, que estimou a porcentagem de área verde cobrindo o solo. A coleta dos dados foi realizada aos 15, 30, 45, 60 e 80 dias após a emergência do arroz.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, havendo resultado significativo, as médias dos sistemas foram submetidos ao teste Scott-Knott e as épocas de avaliação à regressão. O programa estatístico utilizado nas análises foi o Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação para os sistemas de cultivo e as épocas de avaliação da porcentagem de cobertura verde do solo quando o consórcio ocorreu simultaneamente (Tabela 1). Já para a semeadura das plantas de coberturas realizada aos 25 DAE do arroz, houve efeito significativo para os sistemas de cultivo e as épocas de avaliação da cobertura do solo.

Tabela 1 - Valores do teste F de épocas de avaliação da porcentagem de cobertura do solo em diferentes sistemas de cultivo de arroz solteiro ou consorciado. Jaboticabal, 2019.

Fonte de Variação	%Cobertura	
	Simultâneo	25 DAE
Sistemas	35,09**	3,42**
Épocas	1193,58**	1248,31**
Sistemas x épocas	8,25**	1,14 <sup>ns</sup>
CV(%)	4,84	6,5

\*\* , <sup>ns</sup> = p<0,01 pelo teste F e não significativo, respectivamente. CV=coeficiente de variação.

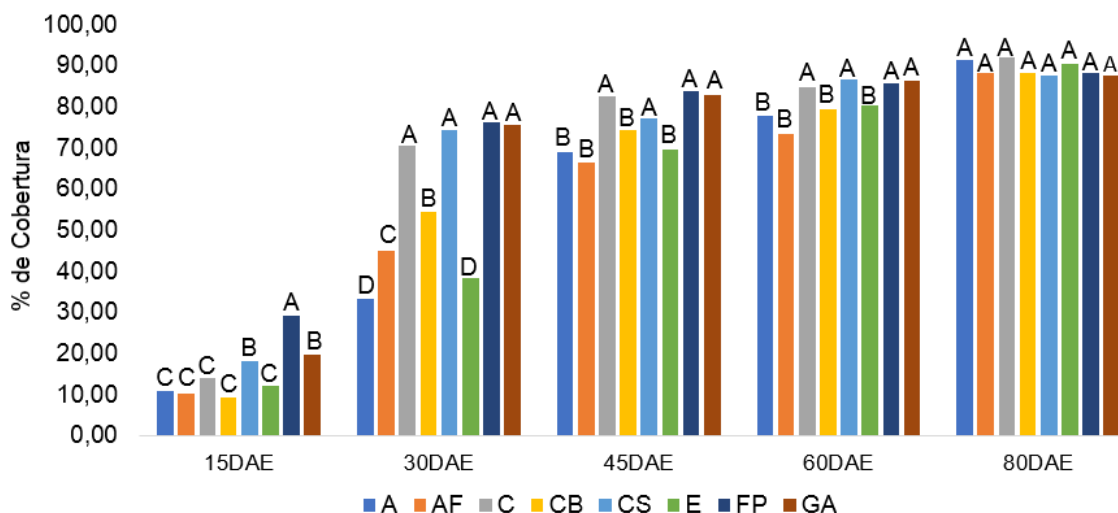
Para o desdobramento de sistemas de cultivo em cada época de avaliação, no sistema de cultivo consorciado simultaneamente, observou-se que aos 15 DAE a cobertura do solo foi superior nos sistemas consorciados de arroz-feijão-de-porco, com valor médio de 30% de cobertura, seguido dos consórcios arroz-*Crotalaria spectabilis* e arroz-guandu-anão (Figura 2). Isso se deve ao rápido crescimento inicial do feijão-de-porco. (ALVARENGA et al., 1995).

Nas avaliações realizadas aos 30 DAE, 45 DAE e 60 DAE, houve destaque para os consórcios arroz-feijão-de-porco, arroz-guandu-anão, arroz-*C. spectabilis*, arroz-calopogônio, que obtiveram uma taxa de cobertura média de 74, 82 e 86% nas avaliações realizadas aos 30, 45 e 60 DAE, respectivamente. A taxa de cobertura do solo avaliada através do Canopeo© está correlacionada com a biomassa presente na área (CHUNG et al., 2017). Assim, notou-se um maior desenvolvimento dessas plantas de cobertura em relação às demais.

Já aos 80 DAE não houve diferença entre os tratamentos, indicando que há uma tendência para uniformidade de cobertura do solo conforme o crescimento das plantas consorciadas, sendo a média da porcentagem de cobertura nessa época de avaliação de 90%.

Pela taxa de cobertura do solo estar correlacionada com a biomassa (CHUNG et al., 2017), através do Canopeo© é possível tornar a coleta de dados no campo mais precisa e rápida, além de não ser necessário a retirada de plantas da área para estimar a biomassa presente, devido ser uma análise não destrutiva.

Figura 1 - Porcentagem de cobertura do solo de sistema de cultivo de arroz solteiro (A) ou consorciado simultaneamente com amendoim forrageiro (AF), calopogônio (C), *Crotalaria breviflora* (CB), *Crotalaria spectabilis* (CS), estilosantes (E), feijão-de-porco (FP) e guandu-anão avaliados aos 15, 30, 45, 60 e 80 DAE do arroz. Jaboticabal-SP, 2019. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa nos sistemas de cultivo pelo teste de Scott-Knott em cada época de avaliação



Em relação ao desdobramento das épocas de avaliação da cobertura do solo em cada sistema de cultivo consorciado simultaneamente, verificou-se grande aumento da porcentagem de cobertura do solo até os 60 DAE, e um pequeno incremento na avaliação dos 60 DAE aos 80 DAE, indicando uma estabilização da cobertura do solo (Figura 3 e 4).

É possível notar que os tratamentos arroz-guandu-anão, arroz-feijão-de-porco, arroz-*C. spectabilis* e arroz-calopogônio tiveram uma rápida cobertura do solo inicialmente (da avaliação aos 15 DAE até os 30 DAE), posteriormente a taxa de cobertura do solo foi se igualando aos demais tratamentos até chegar à avaliação aos 80 DAE.

A rápida cobertura do solo é uma característica desejável no sistema consorciado, pois dessa forma há sombreamento inicial da entrelinha, evitando a emergência de plantas daninhas (MESCHED; FERREIRA; RIBEIRO JÚNIOR, 2007). Além disso, a cobertura do solo reduz o impacto das gotas de água da chuva no solo, evitando processos erosivos (CARDOSO et al., 2012).

O fornecimento da taxa de cobertura do solo pelo aplicativo Canopeo© permite ao produtor tomada de decisões tanto na cultura a ser avaliada, como no sistema de manejo de solo a ser adotado. No caso do SPD, é desejável que mais de 50% do solo esteja coberto para a implantação desse sistema. Além disso, a taxa de cobertura do solo pelas plantas permite o acompanhamento do desenvolvimento das plantas, auxiliando no manejo das culturas, bem como na verificação de fatores que podem estar comprometendo o desenvolvimento das plantas.

Figura 2 - Porcentagem de cobertura do solo nos sistemas de cultivo de arroz solteiro (A) e consorciado simultaneamente com estilósantes (E), feijão-de-porco (FP) e guandu-anão (GA), avaliados aos 15, 30, 45, 60 e 80 DAE do arroz. Jaboticabal-SP, 2019.

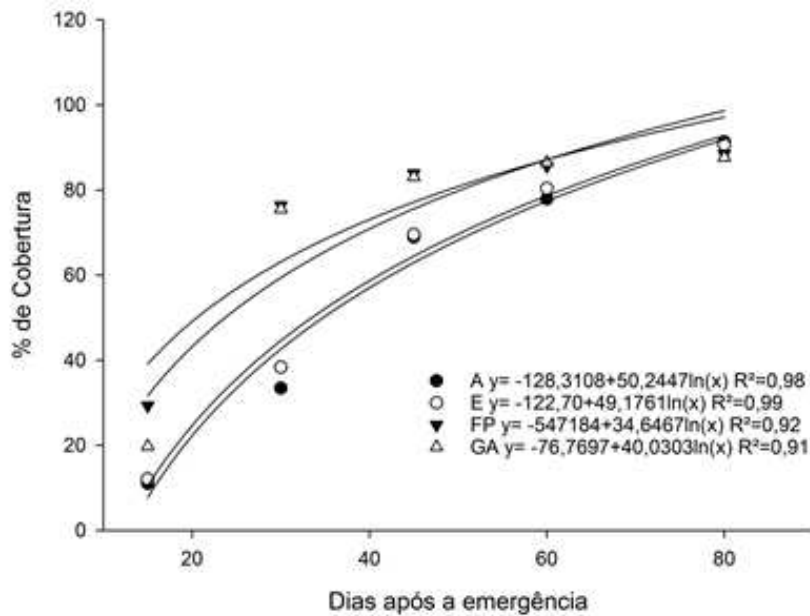
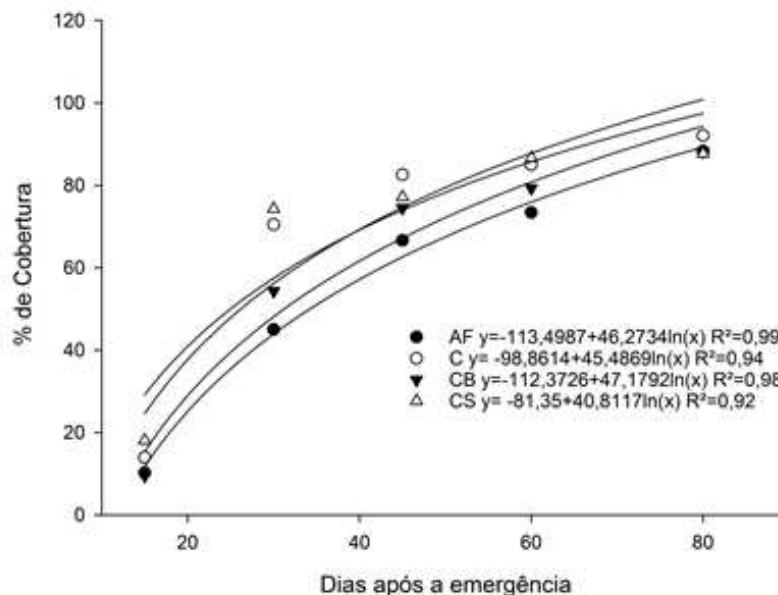
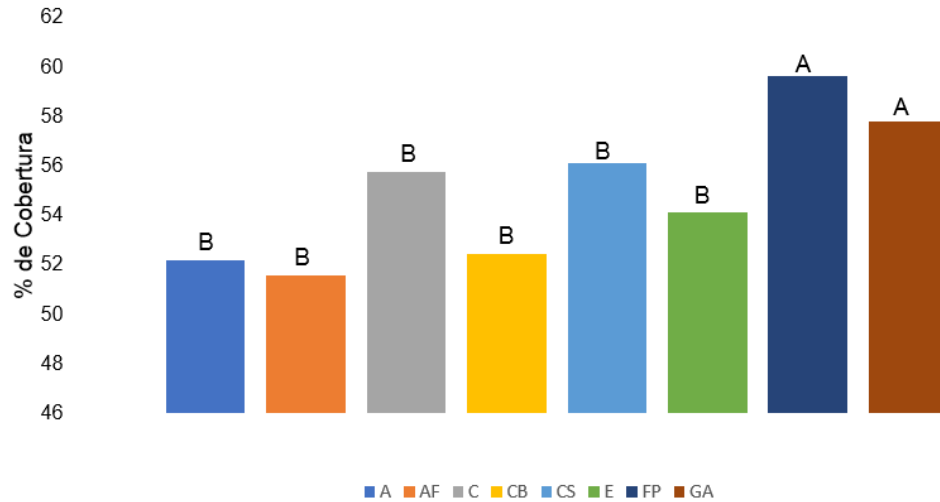


Figura 3 - Porcentagem de cobertura do solo nos sistemas de cultivo de arroz consorciado simultaneamente com amendoim forrageiro (AF), calopogônio (C), *Crotalaria breviflora* e *Crotalaria spectabilis* (CS), avaliados aos 15, 30, 45, 60 e 80 DAE do arroz. Jaboticabal-SP, 2019.



Para o consórcio realizado aos 25 DAE, observou-se que os consórcios arroz-feijão-de-porco e arroz-guandu-anão obtiveram maior taxa de cobertura do solo, destacando o rápido crescimento dessas plantas em consórcio com o arroz (Figura 5).

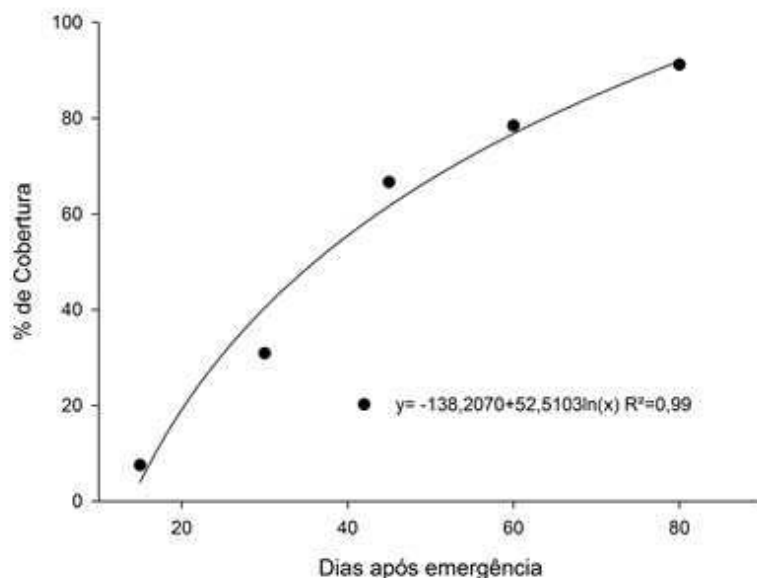
Figura 4 - Porcentagem média de cobertura do solo de sistema de cultivo de arroz solteiro (A) ou consorciado aos 25 DAE do arroz com amendoim forrageiro (AF), calopogônio (C), *Crotalaria breviflora* (CB), *Crotalaria spectabilis* (CS), estilosantes (E), feijão-de-porco (FP) e guandu-anão. Jaboticabal-SP, 2019.



A média dos tratamentos arroz-feijão-de-porco e arroz-guandu-anão foi 58,7% de cobertura do solo, e os demais tratamentos obtiveram média de 53,7%.

A porcentagem da cobertura do solo foi crescente ao longo do período avaliado, com um aumento mais expressivo nas primeiras avaliações (Figura 6). A média da taxa de cobertura do solo aos 15 DAE foi de 7,5%, período no qual ainda não havia sido feito a semeadura das plantas de cobertura. O intenso crescimento da taxa de cobertura do solo dos 30 DAE aos 45 DAE ocorreu pela implantação das plantas de cobertura aos 25 DAE. Aos 80 DAE a taxa de cobertura do solo foi 91,0%.

Figura 5 - Porcentagem média de cobertura do solo nos sistemas de cultivo de arroz solteiro ou consorciado (semeadura das plantas em consórcio após 25 DAE do arroz), avaliados aos 15, 30, 45, 60 e 80 DAE do arroz. Jaboticabal-SP, 2019.





O Canopeo© permitiu o acompanhamento do desenvolvimento das culturas em consórcio. A determinação da taxa de cobertura verde pode ser associada a outras ferramentas como reflectância multi e hiperespectral e sensores de determinação de altura de plantas, para a fenotipagem de plantas com alta produtividade (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015).

#### 4 CONCLUSÕES

O Canopeo© mostrou-se uma ferramenta eficaz para avaliar o desenvolvimento das plantas consorciadas através da quantificação da taxa de cobertura do solo.

Os consórcios simultâneos de arroz com feijão-de-porco, *C. spectabilis*, guandu-anão e calopogônio apresentaram as maiores taxas de cobertura do solo.

Nos consórcios realizados aos 25 DAE do arroz, houve maior taxa de cobertura do solo para o tratamento com feijão-de-porco e guandu anão.

A taxa de cobertura do solo foi crescente até a avaliação aos 60 DAE, e posteriormente houve estabilização.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo: 142493/2018-0.

À Sementes Piraí pelo fornecimento de sementes.

#### REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C. et al. Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Visão Agrícola**, n. 9, p.13-16, 2009.

CARDOSO, D. P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.632-638, 2012.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

COSTA, N. R. et al. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1223-1233, 2014.

CHUNG, Y. S. et al. Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with Canopeo. **Biomass and Bioenergy**, v.105, p.207-210, 2017.

CRUZ, J. C. et al. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.13-24, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Boots rap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p. 109-112, 2014.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v.4, p.107–116, 2003.

HAUGGAARD-NIELSEN, H. et al. Grain legume-cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.23, p.3–12, 2007.

MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JÚNIOR, C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, v.25, n.3, 2007.

OFORI, F.; STERN, W. R. Cereal-legume intercropping systems. **Advances in Agronomy**. v.41, p.41–9, 1987.

PATRIGNANI, A.; OSCHSNER, T. E. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. **Agronomy Journal**, v.107, n.6, p.2312-2320, 2015.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

## ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO E CRESCIMENTO DE FEIJOEIRO COMUM TIPO EXPORTAÇÃO COM USO DE APLICATIVO

### *Evaluation times and growth of common bean export type using app*

Adailza Guilherme Cavalcante<sup>1</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>2</sup>, Flavia Constantino Meirelles<sup>1</sup>, Vinicius Augusto Filla<sup>1</sup>, Alian Cássio Pereira Cavalcante<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail:

**adailzacavalcante@gmail.com; flavia.meirelles1905@gmail.com; filla.vinicius@gmail.com**

<sup>2</sup> Docente do departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: **leandro.lemos@unesp.br**

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, E-mail: **cassio.alian216@gmail.com**

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a taxa de cobertura do solo e o crescimento inicial de plantas de feijoeiro com grãos especiais tipo exportação sob diferentes dias após a emergência das plantas com o aplicativo Canopeo<sup>®</sup>. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial 5x4, correspondente a cinco cultivares de feijoeiro com grãos especiais tipo exportação (BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça) e quatro períodos de avaliação (10, 20, 30 e 40 dias após a emergência), com quatro repetições. Foi avaliada a taxa de cobertura do dossel, acúmulo de massa seca da parte aérea, altura das plantas e o diâmetro caulinar. Em todas as épocas de avaliação, houve aumento significativo na porcentagem de cobertura, massa seca aérea, altura de planta e diâmetro do caule, revelando-se proporcionalmente mais intenso nas cultivares BRS Embaixador e IPR Garça. As cultivares BRS Embaixador e IPR Garça destacaram-se em todas as variáveis avaliadas. A taxa de cobertura, massa seca aérea, altura de planta e o diâmetro caulinar tem crescimento linear nos primeiros 40 dias após a emergência das plantas.

**Palavras-chave:** Cultivares. Parâmetros de crescimento. *Phaseolus vulgaris* L.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the initial growth of bean plants with special export type grains under different days after plant emergence with the app Canopeo<sup>®</sup>. The experimental design was a randomized complete block design with a 5 x 4 factorial arrangement, corresponding to five bean cultivars with special export type beans (BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça) and four evaluation times (10, 20, 30 and 40 days after emergence), with four replications. Canopy cover rate, shoot dry matter accumulation, plant height and stem diameter were evaluated. At all evaluation times, there was a significant increase in the percentage of cover, shoot dry mass, plant height and stem diameter, being proportionally more intense in the cultivars BRS Embaixador and IPR Garça. The cultivars BRS Embaixador and IPR Garça stand out in all evaluated variables. Coverage rate, shoot dry mass, plant height and stem diameter have linear growth in the first 40 days after plant emergence.

**Keywords:** Cultivars. Growth parameters. *Phaseolus vulgaris* L.

### 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro pertence à família *Fabaceae* é cultivado em quase todos os países de clima tropical e subtropical, e em muitas regiões é possível a produção dos grãos em até três safras

anuais (FAO, 2014). Devido seu consumo ser a nível mundial, o feijoeiro é considerado uma importante fonte de proteínas, vitaminas, minerais e fibras, constituindo-se um alimento primário na dieta, em vários países (KHANALA et al., 2014).

Os feijões com grãos especiais são originários das regiões Andinas da América Latina e apresentam grande diversidade de cores e de tamanhos, comumente o dobro do feijão carioca (GONÇALVES et al. 2010). Possuem boa demanda no mercado internacional, especialmente os brancos, os vermelhos e os rajados com tegumento creme e rajas vermelhas (THUNG et al., 2009).

O crescimento das plantas é definido como o processo de expansão celular que resulta no aumento irreversível de volume das células vegetais, regulado pela pressão de turgor (TAIZ et al., 2013). Esse método possibilita interpretar a forma e a função da planta, por meio da utilização de dados primários simples como crescimento inicial, massa seca e área foliar (HUNT, 2003).

A análise de crescimento é uma ferramenta essencial para estudos sobre atividades morfofisiológicas das plantas, proporcionando avaliação da produção líquida das plantas sob diferentes condições genéticas e ambientais (ALVARENGA et al., 2015; SAMPAIO, 2010; CAIRO et al., 2008). O potencial produtivo de uma cultivar de feijoeiro pode ser considerado como função da taxa de crescimento, da partição da biomassa para os sítios reprodutivos (SEXTON et al., 1994). Para atingir o rendimento econômico desejável, nos diferentes ambientes em que o feijoeiro é cultivado, torna-se importante a compreensão dos processos que afetam o crescimento da planta e que, conseqüentemente, influenciam no rendimento da cultura (URCHEI et al., 2000).

Diversas são as formas de se medir a cobertura foliar em um cultivo, porém muitas são inadequadas por serem destrutivas e/ou por dependerem de aparelhos disponíveis somente em laboratórios (BIANCO et al., 2007). A fim de tornar a avaliação mais precisa e rápida, pode ser utilizadas ferramentas de agricultura de precisão como imagens obtidas através de smartphones e posterior análise dessas imagens em aplicativos como o Canopeo®. Este aplicativo é capaz de determinar a taxa de cobertura do solo (em porcentagem) através da reflexão da cor verde de fotografias (PATRIGNANI & OSCHNER, 2015).

O crescimento das plantas é avaliado por meio de variações de tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, em função da acumulação de material resultante da fotossíntese líquida, esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento (PEIXOTO et al., 2011). Porém pouco se conhece sobre o efeito das características de crescimento dos feijoeiros com grãos tipos especiais, tendo em vista o exposto, objetivou-se avaliar a taxa de cobertura do solo e o crescimento inicial de plantas de feijoeiro com grãos especiais tipo exportação sob diferentes dias após a emergência das plantas com uso do aplicativo digital Canopeo®.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em Jaboticabal-SP, no Campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), no ano agrícola 2017/2018. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa.

As cultivares foram semeadas manualmente no dia 18 de maio de 2018, distribuindo 12 sementes por metro de sulco, com espaçamento de 0,45 m e estande final de 240 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

A emergência das plantas ocorreu seis dias após a semeadura.

Foi utilizado o sistema de semeadura direta em sucessão do milho (*Pennisetum americanum* L.) cultivar ADR – 300, semeado em 12 de dezembro de 2017, com densidade de 14 kg ha<sup>-1</sup> com espaçamento de 0,45 m entre linhas para produzir palha.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 5x4, correspondente a cinco cultivares de feijoeiro com grãos especiais tipo exportação (BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça) e quatro períodos de avaliação (10, 20, 30 e 40 dias após a emergência), com quatro repetições. As informações sobre as características das cultivares encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características agronômicas das cultivares de feijoeiro utilizadas no experimento

Cultivares	Instituição Pertencente <sup>(1)</sup>	Hábito de Crescimento	Descrição do Tegumento
BRS Ártico	EMBRAPA	Tipo I	Branco
BRS Executivo	EMBRAPA	Tipo II	Rajado
BRS FS 305	EMBRAPA	Tipo II	Rajado
BRS Embaixador	EMBRAPA	Tipo II	Vermelho escuro
IPR Garça	IAPAR	Tipo II	Branco

Legenda: <sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto agrônomo do Paraná (IAPAR).

A adubação de semeadura constou-se da aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 4-28-10. As adubações de cobertura foram efetuadas em duas etapas: a primeira no estágio fenológico V<sub>4-4</sub> (quarta folha trifoliada formada e expandida) que constou de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via fertilizante formulado 30-00-10 e a segunda no estágio V<sub>4-6</sub> (sexta folha trifoliada formada e expandida) de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via uréia. Aplicou-se na superfície do sulco e em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura e sem incorporação, seguida de irrigação com lâmina de água de 10 mm.

Durante o experimento foram realizadas práticas fitossanitárias de acordo com a necessidade da cultura. Aplicou-se herbicida *S-metolaclo* na dosagem de 1,2 kg ha<sup>-1</sup> em pré-emergência e posteriormente. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual até o fechamento das entre linhas pela cultura. No controle de mosca branca aplicou-se o inseticida *acetamiprido* e *piriproxifen + xileno*.

Foi avaliada a área foliar nas fases fenológicas v2, v3, v4 e R5 utilizando o aplicativo Canopeo<sup>®</sup> v 2.0, instalado em um *smartphone*, seguindo as recomendações dos desenvolvedores do software (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015). O aplicativo possui a capacidade de acessar a câmera do *smartphone* para estimar a cobertura do dossel verde estimando os valores em porcentagem. O aplicativo transforma a cor verde em branco com um ajuste manual fácil e produz a porcentagem de pixels brancos em uma determinada moldura. A medição da cor verde do fundo em uma imagem, contando pixels verdes usando a análise de imagem digital, pode representar biomassa (Figura 1), assim a biomassa pode ser estimada pela cor verde (CHUNG, et al. 2017).

Figura 1 – Cobertura do dossel das plantas do feijoeiro estimado pelo aplicativo Canopeo® v. 2.0



Durante as avaliações, as imagens foram capturadas à aproximadamente 0,60 m de altura, seguindo metodologia proposta por Ellareddygari e Gudmestad (2017). De acordo com Patrignani e Ochsner (2015) o Canopeo foi 20 a 130 vezes mais rápido que o SigmaScan e 75 a 2500 vezes mais rápido que o SamplePoint. Além da utilização do aplicativo foram avaliados o acúmulo de massa seca da parte aérea, coletado seis planta por repetição e colocado para secar em estufa com circulação de ar a 65° C durante 72h, após atingir peso constante as plantas foram pesadas em balança analítica de precisão. A altura das plantas foi determinada com auxílio de uma trena milimétrica da superfície do solo até o ápice da planta. O diâmetro caulinar foi medido com auxílio de paquímetro digital, com medição a 2 centímetro da superfície do solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias agrupadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Foi utilizada a análise de regressão polinomial para os dados de cultivar dentro de cada época de avaliação. As análises de variância foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

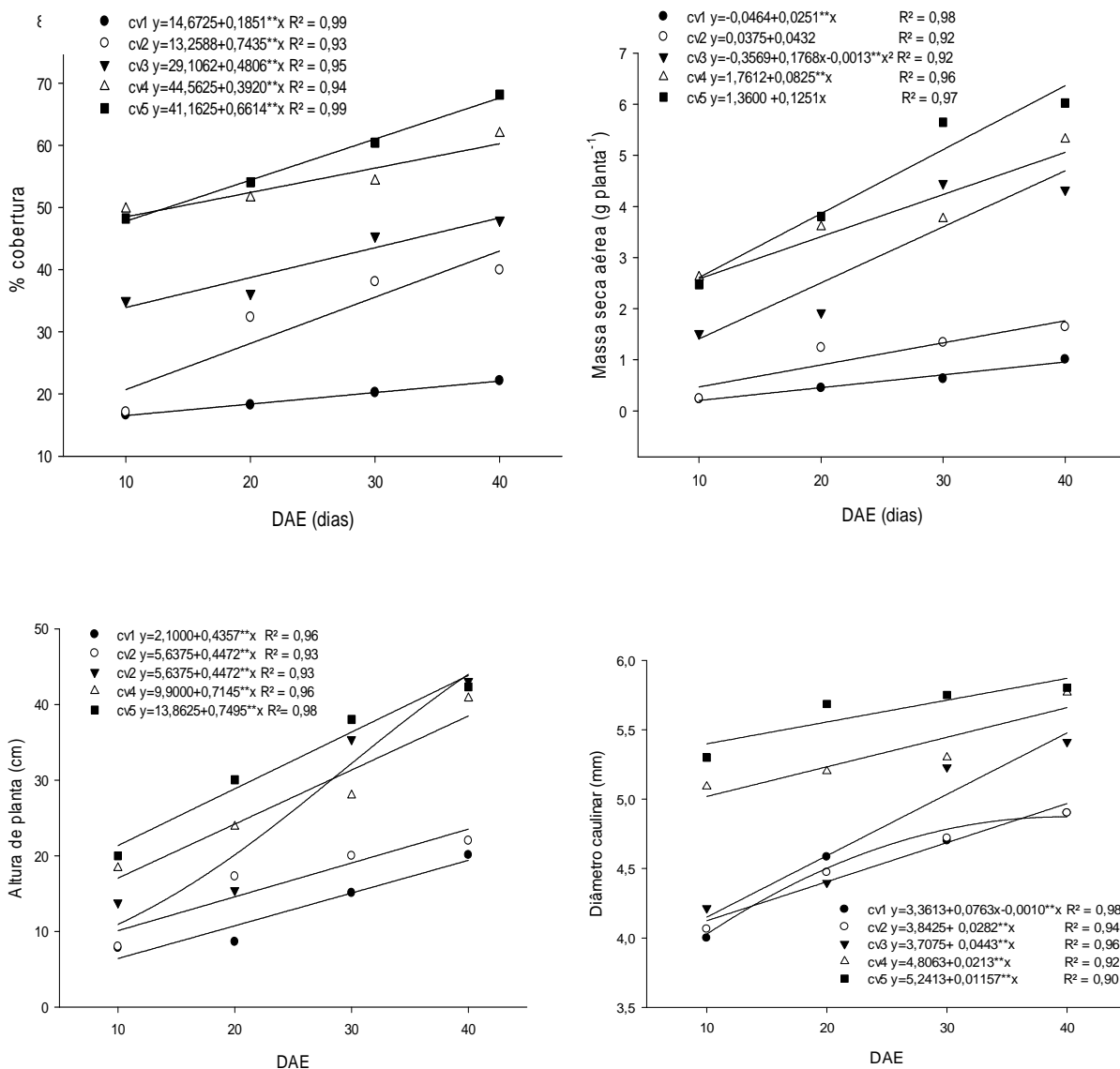
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as épocas de avaliação, houve aumento significativo na porcentagem de cobertura do solo, massa seca aérea, altura de planta e diâmetro do caule, revelando-se proporcionalmente mais intenso nas cultivares BRS Embaixador e IPR Garça (Figura 2). Observou-se que as cultivares de feijoeiros utilizados apresentaram um aumento na porcentagem de cobertura do solo a partir dos 20 dias após a emergência das plantas com destaque para as cultivares BRS Embaixador e IPR Garça chegando a aproximadamente 60 e 70%, respectivamente de cobertura do solo aos 40 dias. Tais resultados indicam que o feijoeiro induz a um crescimento mais lento nos primeiros 20 dias após a emergência, mas que posteriormente

esse crescimento é intensificado devido à expansão foliar da planta. Os aumentos da taxa de cobertura observados coincidem com as demais variáveis avaliadas.

O uso do aplicativo Canopeo<sup>®</sup> vem sendo utilizado em áreas de produção agrícolas, e seu resultado se torna promissor devido à sua facilidade de utilização e resultados satisfatório em pesquisas realizadas para outras culturas como podemos citar os de Chung et al. (2018) O'brien et al. (2018); Büchi et al. (2018). A informação fornecida por essa ferramenta auxilia o produtor no manejo da lavoura, uma vez que através dos resultados é possível verificar o desempenho das plantas.

Figura 2 - Porcentagem de cobertura do dossel, massa seca aérea, altura de plantas e diâmetro caulinar das plantas de feijoeiro avaliadas em diferentes dias após a emergência das plantas (DAE).



Legenda: cv1 = BRS Ártico; cv2 = BRS Executivo; cv3= BRS FS 305; cv4= BRS Embaixador e cv5 = IPR Garça.

As variáveis massa seca aérea, altura de planta e diâmetro caulinar seguiram a mesma tendência para todas as cultivares avaliadas, com aumento nas respectivas variáveis ao longo dos dias após a emergência das plantas (Figura 1B, 1C e 1D). Perin et al. (2002) avaliando o crescimento inicial em diferentes dias após a emergência em cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especiais e carioca obtiveram resultados semelhantes para a altura de planta e massa seca aérea.

#### 4 CONCLUSÃO

O uso do aplicativo Canopeo® na agricultura atual se torna aliado vantajoso para avaliar a taxa de cobertura do solo de forma precisa, rápida, prática e sem custo para o produtor.

As cultivares BRS Embaixador e IPR Garça destacam com maior taxa de cobertura e crescimento nos primeiros 40 dias após a emergência das plantas podendo ser uma opção viável no sistema plantio direto.

#### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) código de financiamento 001 pela concessão de bolsa de doutorado à primeira autora.

As empresas fornecedoras das sementes de feijão – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e ao Instituto Agrônômico do Paraná.

#### REFERÊNCIAS

BIANCO, S.; BIANCO, M.S.; PAVANI, M.C.M.D.; DUARTE, D.J. Estimativa da área foliar de *ipomoea hederifolia* e *ipomoeanil* Roth. usando dimensões lineares do limbo foliar, **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 325-329, 2007.

CHUNG, Y. S.; CHOI, S. C.; SILVA, R. R.; KANG, J. W.; EOM, J. H.; KIM, C. Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with Canopeo. **Biomass and Bioenergy**, n.105, p. 207 – 210, 2017.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/>. Acesso em: Outubro de 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Boots rap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, p. 109-112, 2014.

GONÇALVES, J.G.R.; CHIORATO, A.F.; MORAIS, L.K.; PERINA, E.F.; FARIAS, F.L.; CARBONELL, S.A.M. Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especiais. **Ciência Agrotécnica**, v.34, p.922-931, 2010.

KHANALA, R.; BURT, A.J.; WOODROW, L.; BALASUBRAMANIAN, P; NAVABI, A. Genotypic



Association of Parameters Commonly Used to Predict Canning Quality of Dry Bean. **Crop Science Society America**, 54, 2564- 2573, 2014.

HUNT, R. Growth Analysis, Individual Plants. Growth and Development. p.579 - 588, 2003. Disponível em: [http://people.exeter.ac.uk/rh203/EAPS\\_article.pdf](http://people.exeter.ac.uk/rh203/EAPS_article.pdf). Acesso em: 23/09/2019.

O'BRIEN, P. L.; ACHARYA, U.; ALGHAMDI, R.; NIAGHI, A. R.; SANYAL, D.; WIRTZ, J.; DAIGH, A. L. M.; DESUTTER, T. M. Hydromulch Application to Bare Soil: Soil Temperature Dynamics and Evaporative Fluxes. **Agricultural & Environmental Letters**, v.3, n.1, p.1-5, 2018.

PERIN, A.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1711-1718, 2002.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T.E. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. **Agronomy Journal**, v.107, n.6, p.2312-2320, 2015.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P.; Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13; p. 51-76, 2011.

SEXTON, P. J.; WHITE, J. W.; BOOTE, K. J. Yield determining processes in relation to cultivar seed size of common bean. **Crop Science**, v. 34, p. 84-91, 1994.

THUNG, M.; SOARES, D. M.; AIDAR, H. Agregação de valores com feijões especiais. *In*: Kluthcouski, J.; Stone, L. F.; AidaR, H. 2009. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Pp. 83-96.

YELLAREDDYGARI, S. K. R.; GUDMESTAD, N. C. Bland-Altman comparison of two methods for assessing severity of *Verticillium wilt* of potato. **Crop Protection**, v.101, p. 68-75, 2017.

## USO DE APLICATIVO NA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE FEIJOEIRO COM GRÃOS ESPECIAIS APÓS A EMERGÊNCIA DAS PLANTAS

### *App use in special grains beans growth after plant emergence*

Adailza Guilherme Cavalcante<sup>1</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>2</sup>, Flávia Constantino Meirelles<sup>1</sup>,  
Vinicius Augusto Filla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: [adailzacavalcante@gmail.com](mailto:adailzacavalcante@gmail.com);

[flavia.meirelles1905@gmail.com](mailto:flavia.meirelles1905@gmail.com); [filla.vinicius@gmail.com](mailto:filla.vinicius@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente do departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: [leandro.lemos@unesp.br](mailto:leandro.lemos@unesp.br).

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o uso de aplicativo de celular na avaliação da taxa de cobertura do solo e o crescimento inicial de cultivares de feijoeiro com grãos especiais até o início do florescimento das plantas. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com arranjo fatorial 9x4, correspondente a nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais (BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, EPAMIG Ouro Vermelho, EPAMIG Ouro da Mata, BRSMG União, IAC Tigre) e quatro períodos de avaliação (10, 20, 30 e 40 dias após a emergência), com quatro repetições. Foi avaliada taxa de cobertura do dossel, acúmulo de massa seca da parte aérea, altura das plantas e o diâmetro caulinar. Em todas as épocas de avaliação houve aumento significativo na porcentagem de cobertura, massa seca aérea, altura de planta e diâmetro do caule. A cultivar EPAMIG Ouro Vermelho aos 40 dias após a emergência obteve 90% de cobertura do solo. A massa seca da parte aérea se destaca aos 30 dias após a emergência das plantas a cultivar IAC Tigre. As cultivares EPAMIG Ouro Vermelho, BRSMG União e EPAMIG Ouro da Mata destacaram-se das demais cultivares em altura de planta e diâmetro caulinar.

**Palavras-chave:** Cultivares. Crescimento inicial. *Phaseolus vulgaris* L.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the use of mobile application in the evaluation of soil cover rate and the initial growth of bean cultivars with special grains until the beginning of flowering. The experimental design was a randomized complete block design with 9 x 4 factorial scheme, corresponding to nine common bean cultivars (BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, EPAMIG Ouro Vermelho, EPAMIG Ouro da Mata, BRSMG União, IAC Tigre) and four evaluation times (10, 20, 30 and 40 days after emergence), with four replications. Canopy cover rate, shoot dry matter accumulation, plant height and stem diameter were evaluated. At all evaluation times, there was a significant increase in the percentage of cover, shoot dry mass, plant height and stem diameter. The cultivar EPAMIG Ouro Vermelho at 40 days after emergence obtained 90% of soil cover. The shoot dry mass highlights at 30 days after the emergence of the plants to cultivate IAC Tigre. The EPAMIG Ouro Vermelho, BRSMG União and EPAMIG Ouro da Mata stood out from the other cultivars in plant height and stem diameter.

**Keywords:** Cultivars. Initial growth. *Phaseolus vulgaris* L.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se como a principal fonte de proteína da maioria da população brasileira, além de apresentar bom conteúdo de carboidratos e ser rico em ferro (ULLOA et al., 2011). Sendo um produto tradicional na alimentação da população brasileira produzido praticamente o ano todo em diferentes épocas e sistemas de cultivo (ZUCARELI et al., 2010).

A produtividade de uma cultura depende de inter-relações complexas entre plantas individuais, comunidades de plantas e o ambiente, que se manifestam por meio de processos fisiológicos (CONCEIÇÃO et al., 2004). A análise de crescimento é uma ferramenta empregada para o conhecimento da planta como entidade biológica e que permite manejar, racionalmente, as espécies cultivadas para expressão do seu potencial de produção (FIGUEIREDO et al., 2012). A partir dos dados de crescimento, pode-se inferir sobre a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes, ou entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003; URCHEI et al., 2000).

Avaliar o crescimento das plantas proporciona avaliar as diferenças no comportamento de cultivares que podem ser influenciados por práticas agrônômicas, efeitos de competição ou climáticos, e por fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta (GUIMARÃES et al., 2008). Diversas são as formas de se medir a cobertura foliar em um cultivo, porém muitas são inadequadas por serem destrutivas e/ou por dependerem de aparelhos disponíveis somente em laboratórios (BIANCO et al., 2007). A fim de tornar a avaliação mais precisa e rápida, pode ser utilizadas ferramentas de agricultura de precisão, como imagens obtidas através de smartphones e posterior análise dessas imagens em aplicativos como o Canopeo®. Este aplicativo é capaz de determinar a taxa de cobertura do solo (em porcentagem) através da reflexão da cor verde de fotografias (PATRIGNANI; OSCHSNER, 2015).

Os feijões com grãos especiais são originários das regiões Andinas da América Latina e apresenta grande diversidade de cores e de tamanhos, comumente o dobro do feijão carioca (GONÇALVES et al. 2010). A adoção de novas cultivares para a produção de grãos poderá representar outras opções de renda para os agricultores, com a possibilidade de comercializar um produto diferenciado (ALVES et al., 2009). Porém pouco se sabe a respeito do comportamento dessas cultivares, diante do exposto objetivou-se avaliar o uso de aplicativo de celular na avaliação da taxa de cobertura do solo e o crescimento inicial de cultivares de feijoeiro com grãos especiais até o início do florescimento das plantas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em Jaboticabal-SP, no Campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", no ano agrícola 2017/2018. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa.

As cultivares foram semeadas manualmente no dia 18 de maio de 2018, distribuindo 12 sementes por metro de sulco, com espaçamento de 0,45 m e estande final de 240 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com a emergência das plantas ocorreu seis dias após a semeadura.

Foi utilizado o sistema de semeadura direta em sucessão do milheto (*Pennisetum*

*americanum* L.) cultivar ADR – 300, semeado em 12 de dezembro de 2017, com densidade de 14 kg ha<sup>-1</sup> com espaçamento de 0,45 m entre linhas para produzir palha.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 9x4, correspondente a nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais (BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, EPAMIG Ouro Vermelho, EPAMIG Ouro da Mata, BRSMG União, IAC Tigre) e quatro períodos de avaliação (10, 20, 30 e 40 dias após a emergência), com quatro repetições.

A adubação de semeadura constou-se da aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 4-28-10. As adubações de cobertura foram efetuadas em duas etapas: a primeira no estágio fenológico V<sub>4-4</sub> (quarta folha trifoliada formada e expandida) que constou de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via fertilizante formulado 30-00-10 e a segunda no estágio V<sub>4-6</sub> (sexta folha trifoliada formada e expandida) de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via uréia. Aplicou-se na superfície do sulco e em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura e sem incorporação, seguida de irrigação com lâmina de água de 10 mm.

Durante o experimento foram realizadas práticas fitossanitárias de acordo com a necessidade da cultura. Aplicou-se herbicida S-metolaclo-ro na dosagem de 1,2 kg ha<sup>-1</sup> em pré-emergência e posteriormente. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual até o fechamento das entre linhas pela cultura. No controle de mosca branca aplicou-se o inseticida acetamiprido e piriproxifen + xileno, sendo posteriormente avaliada a área foliar, utilizando o aplicativo Canopeo<sup>®</sup> v 2.0, instalado em um *smartphone*, seguindo as recomendações dos desenvolvedores do software (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015). O aplicativo possui a capacidade de acessar a câmera do *smartphone* para estimar a cobertura do dossel verde estimando os valores em porcentagem. O aplicativo transforma a cor verde em branco com um ajuste manual fácil e produz a porcentagem de pixels brancos em uma determinada moldura. A medição da cor verde do fundo em uma imagem, contando pixels verdes usando a análise de imagem digital, pode representar biomassa (Figura 1), assim a biomassa pode ser estimada pela cor verde (CHUNG, et al. 2017).

Figura 1 – Cobertura do dossel das plantas do feijoeiro estimado pelo aplicativo Canopeo<sup>®</sup> v. 2.0



Além da utilização do aplicativo foram avaliados o acúmulo de massa seca da parte aérea, coletado seis plantas por repetição e colocado para secar em estufa com circulação de ar a 65° c durante 72h, após atingir peso constante as plantas foram pesadas em balança analítica de precisão. A altura das plantas foi determinada com auxílio de uma trena milimétrica da superfície do solo até o ápice da planta. O diâmetro caulinar foi medido com auxílio de paquímetro digital, com medição a 2 centímetro da superfície do solo.

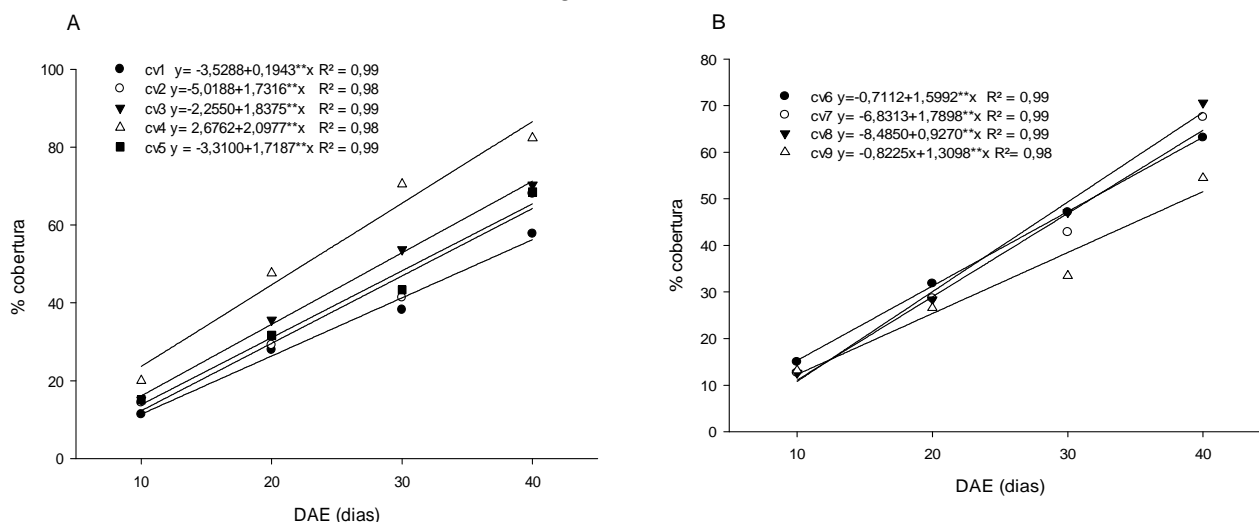
Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias agrupadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Foi utilizada a análise de regressão polinomial para os dados de cultivar dentro de cada época de avaliação. As análises de variância foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de cobertura do solo pelo dossel das plantas de feijoeiro apresentou aumento contínuo durante todos os dias após a emergência das plantas para todas as cultivares avaliadas (Figura 2A e 2B), destacando-se a cv4 = EPAMIG Ouro Vermelho com aproximadamente 90% de cobertura aos 40 DAE. Segundo Lopes et al. (1982), a taxa de crescimento da cultura aumenta rapidamente, entre 15 dias e 50 dias após a emergência, e diminuiu, a partir daí, até a maturação.

O Canopeo® permitiu o acompanhamento do desenvolvimento das cultivares de feijão com grãos especiais, verificando as cultivares que apresentam maior taxa de cobertura do solo e o desenvolvimento das plantas ao longo do tempo de avaliação.

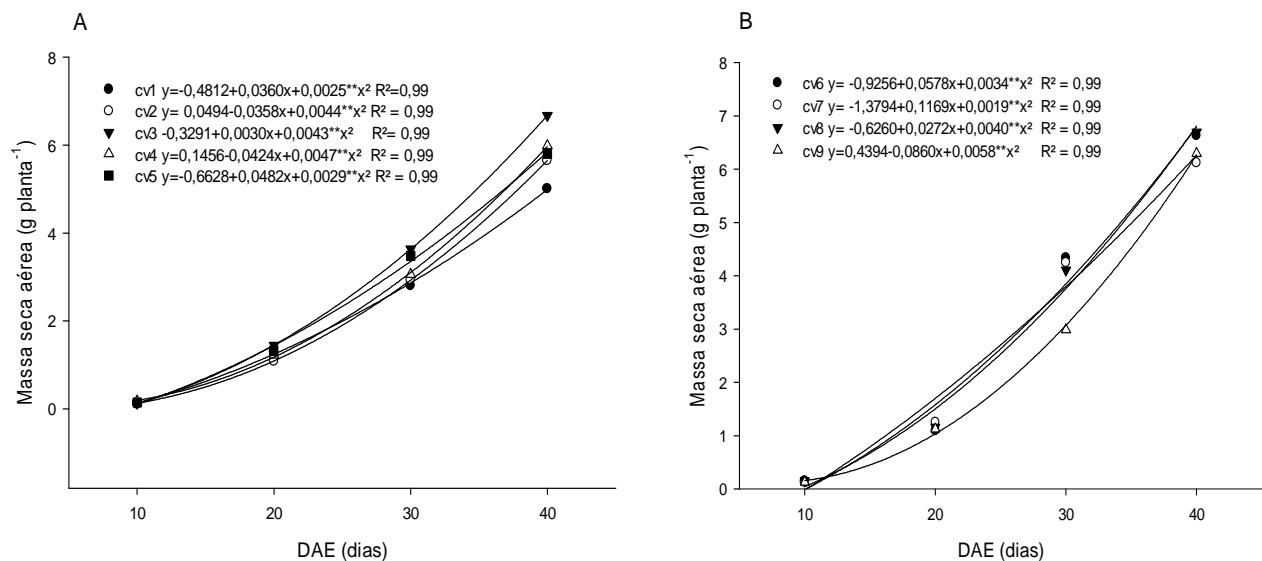
Figura 2 – Taxa de cobertura do dossel das plantas de feijoeiro avaliadas em diferentes dias após a emergência das plantas (DAE). cv1 = BRS Pitanga; cv2 = BRSMG Tesouro; cv3 = BRS Marfim; cv4= EPAMIG Ouro vermelho; cv5=EPAMIG Ouro da Mata; cv6= BRS Radiante; cv7= BRSMG Realce; cv8 = BRSMG União; cv9= IAC Tigre.



O acúmulo de massa seca aérea das plantas de feijoeiro apresentou aumento contínuo durante todo o período de avaliação proporcionando maior massa para cv3= BRS Marfim a partir dos 30 dias após a emergência das plantas (Figura 3A). Na figura 3B observa que a cv9 = IAC Tigre foi a que apresentou menor acúmulo de massa seca aérea comparada às demais cultivares.

Silva et al. (2010) avaliando o acúmulo de massa seca aérea em plantas de pimentão dias após o transplante observou resultado semelhante, no qual houve aumento continuamente durante o período experimental. Cruz et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes para a cultura da soja avaliadas em diferentes dias após a emergência das plantas. Para Fontes et al. (2005) a mensuração do acúmulo de massa seca ao longo do tempo é uma das análises fundamentais no crescimento de planta.

Figura 3 – Massa seca aérea plantas de feijoeiro avaliadas em diferentes dias após a emergência das plantas (DAE). cv1 = BRS Pitanga; cv2 = BRSMG Tesouro; cv3 = BRS Marfim; cv4= EPAMIG Ouro vermelho; cv5=EPAMIG Ouro da Mata; cv6= BRS Radiante; cv7= BRSMG Realce; cv8 = BRSMG União; cv9= IAC Tigre.

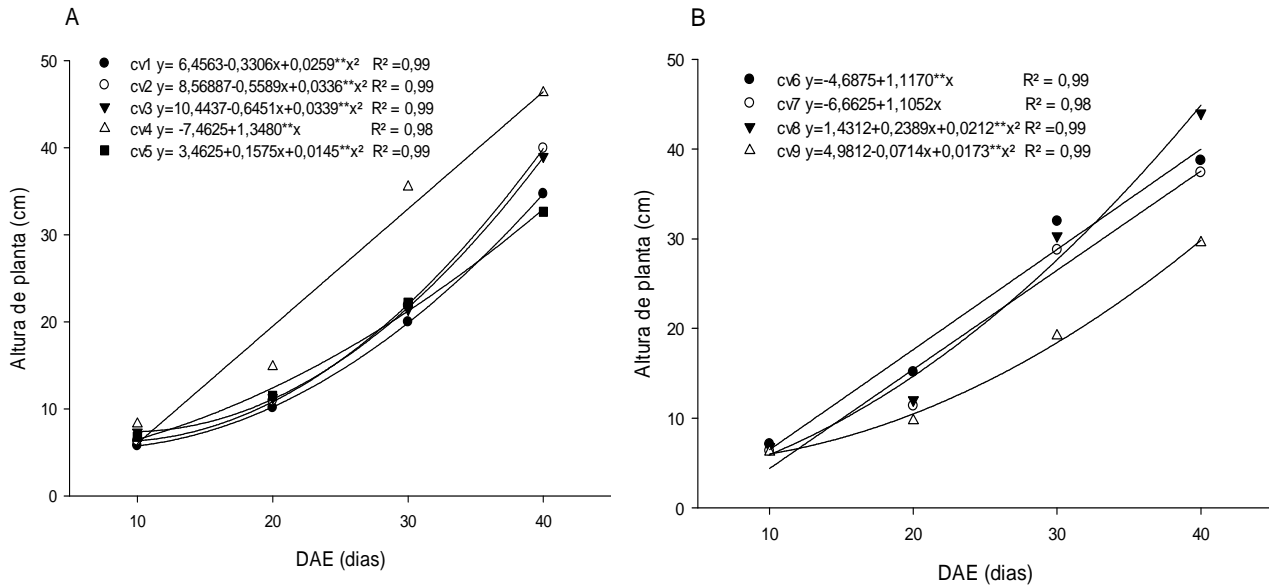


O crescimento em altura das plantas de feijoeiro seguiu a mesma tendência das variáveis anteriores, na qual à medida que transcorreu os dias após a emergência observou-se aumento nesta variável para todas as cultivares avaliadas (4A e 4B), entretanto a maior porcentagem de crescimento foi entre aos 20 e 40 DAE.

Isso ocorreu pois, nesse período, as plantas intensificaram a expansão foliar e alongamento celular. Cruz et al. (2010) corroboram os resultados obtidos na presente pesquisa, pois observaram que para a cultura da soja as plantas apresentaram comportamento semelhante ao apresentado para as plantas de feijoeiro.

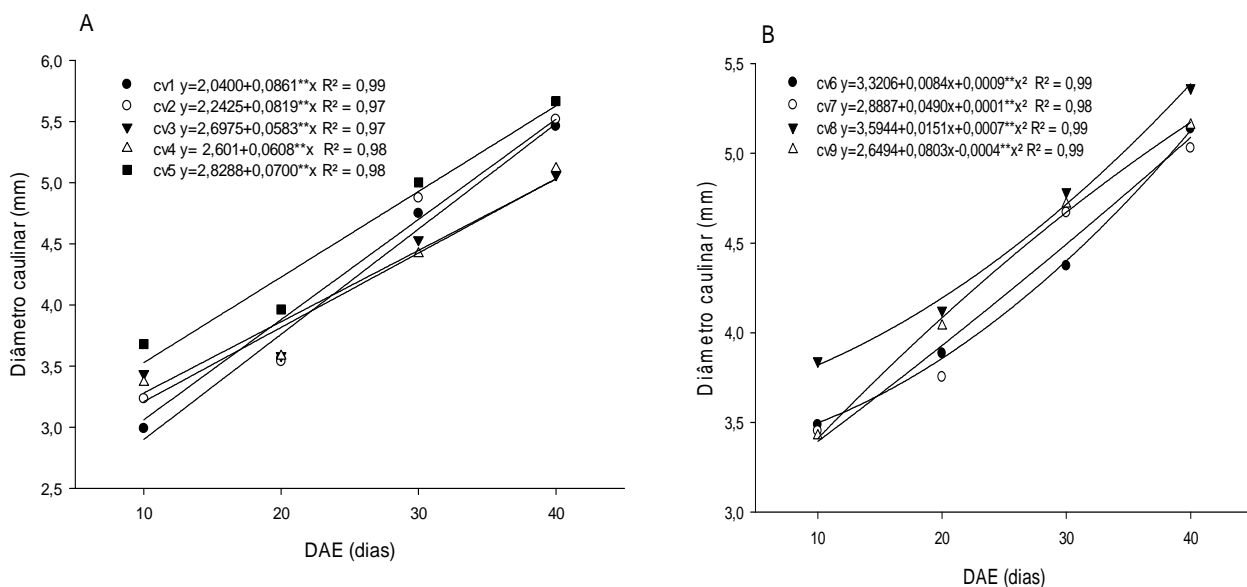
A altura da planta é uma característica importante quando se trata de agricultura mecanizada, sendo que ela deve ser uniforme para proporcionar uma colheita mecanizada adequada, sem perdas na lavoura (PIVETTA et al., 2012).

Figura 4 – Altura de plantas de feijoeiro avaliadas em diferentes dias após a emergência das plantas (DAE). cv1 = BRS Pitanga; cv2 = BRSMG Tesouro; cv3 = BRS Marfim; cv4= EPAMIG Ouro vermelho; cv5=EPAMIG Ouro da Mata; cv6= BRS Radiante; cv7= BRSMG Realce; cv8 = BRSMG União; cv9= IAC Tigre.



Para o diâmetro caulinar das plantas observou-se aumento para todas as cultivares avaliadas independente dos dias após a emergência, destacando a cv5=EPAMIG Ouro da Mata e a cv8= BRSMG União (Figura 5a e 5B, respectivamente). Freire et al. (2007) avaliando o crescimento inicial em diferentes dias após a emergência de plantas de amendoim observaram comportamento semelhante.

Figura 5 – Diâmetro caulinar das plantas de feijoeiro avaliadas em diferentes dias após a emergência das plantas (DAE). cv1 = BRS Pitanga; cv2 = BRSMG Tesouro; cv3 = BRS Marfim; cv4= EPAMIG Ouro vermelho; cv5= EPAMIG Ouro da Mata; cv6= BRS Radiante; cv7= BRSMG Realce; cv8 = BRSMG União; cv9= IAC Tigre.



## 4 CONCLUSÃO

O aplicativo Canopeo<sup>®</sup> proporciona avaliar a taxa de cobertura do dossel das plantas de forma prática e rápida sem custo financeiro para o produtor e ajudar na tomada de decisão do manejo a ser adotado na cultura.

A cultivar EPAMIG Ouro Vermelho aos 40 dias após a emergência obteve a maior cobertura do solo com 90% em relação às demais cultivares.

A massa seca da parte aérea foi superior na cultivar BRS Marfim a partir dos 30 dias após a emergência das plantas. As cultivares EPAMIG Ouro Vermelho, BRSMG União e EPAMIG Ouro da Mata destacaram-se das demais em altura de planta e diâmetro caulinar, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001 pela concessão de bolsa de doutorado à primeira autora.

As empresas fornecedoras das sementes de feijão – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a Empresa Agropecuária de Minas Gerais e ao Instituto Agrônomo de Campinas.

## REFERENCIAS

ALVES, A. F.; ANDRADE, M. J. B. D.; RODRIGUES, J. R. D. M.; VIEIRA, N. M. B. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003.

BIANCO, S.; BIANCO, M.S.; PAVANI, M.C.M.D.; DUARTE, D.J. Estimativa da área foliar de *ipomoea hederifolia* e *ipomoeanil* roth. usando dimensões lineares do limbo foliar, **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 325-329, 2007.

CONCEIÇÃO, M. K. ; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. L. partição de matéria seca entre órgãos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) lam), cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n. 3, p. 313-316, 2004.

CHUNG, Y. S. et al. Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with Canopeo. **Biomass and Bioenergy**, v.105, p.207-210, 2017.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v.11, n.1, p.033-042, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Boots rap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p. 109-112, 2014.



FIGUEIREDO, E. S.; SANTOS, M. E.; GARCIA, A. Modelos de determinação não destrutivo da área foliar do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Nucleus**, v.9, n.1, p. 79-84, 2012.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

FREIRE, M. L. F.; BELTRÃO, N. E. M.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Análise de crescimento não-destrutiva do amendoineiro submetido a doses de CaSO<sub>4</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 2, núm. 3, p. 193-199, 2007.

CHIORATO, A. F.; MORAIS, L. D.; PERINA, E. F.; FARIAS, F. L.; CARBONELL, S. A. M. Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especiais. **Ciência Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 922-931, 2010.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; NEVES, P. C.F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.465-470, 2008.

LOPES, N. F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G.; MELGES, E.; BELTRAO, N.E. DE M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade de fluxo radiante. **Revista Ceres**, v. 29, n. 166, p. 586-606, 1982.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T.E. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. **Agronomy Journal**, v.107, n.6, p.2312-2320, 2015.

PIVETTA, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 561-568, 2012.

SILVA, P. I. B.; NEGREIROS, M. Z.; MOURA, K. K. C. F.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H. S.; SILVA, P. S. L.; GRANGEIRO, L. C. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.132-139, 2010.

ULLOA, J.; ROSAS, P.; RAMÍREZ, J.; ULLOA, B. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. **Revista Fuente**, v. 3, n. 8, p.5-9, 2011.

URCHEI, M. A; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de Crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, suplemento 1, p. 1313-1324, 2010.

## DEFINIÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA EM CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM UTILIZANDO ÍNDICES ESPECTRAIS

### *Definition of topdressing Nitrogen rates in common bean cultivars using spectral indexes*

Fernando de Oliveira Turci Sandrini<sup>1</sup>, Anderson Prates Coelho<sup>1</sup>, Flávia Constantino  
Meirelles, Fábio Tiraboschi Leal<sup>1</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>1</sup>, David Luciano Rosalen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Via de Acesso  
Prof. Paulo Donatto Castellane s/n Km 5, Jaboticabal – São Paulo, Brasil, [fernando\\_turci@yahoo.com.br](mailto:fernando_turci@yahoo.com.br),  
[anderson\\_100ssp@hotmail.com](mailto:anderson_100ssp@hotmail.com), [flavia.meirelles1905@gmail.com](mailto:flavia.meirelles1905@gmail.com), [leaft@bol.com.br](mailto:leaft@bol.com.br),  
[leandro.lemos@unesp.br](mailto:leandro.lemos@unesp.br), [david.rosalen@unesp.br](mailto:david.rosalen@unesp.br)

### RESUMO

A produtividade do feijão no Brasil é baixa, podendo-se destacar como uma das causas o mau manejo da adubação nitrogenada. Nesse contexto, a utilização de sensoriamento remoto tem ajudado produtores no manejo mais eficiente e adequado do nitrogênio nas diversas culturas agrícolas. Objetivou-se avaliar se é possível indicar doses de nitrogênio em cobertura em cultivares de feijão comum de ciclo precoce utilizando índices espectrais e qual o melhor estágio fenológico para realizar a avaliação. O experimento foi realizado em Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Os tratamentos foram constituídos por duas cultivares de feijão de ciclo precoce (IAC Imperador e TAA Gol) e cinco doses de N em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas. Foi avaliado os índices espectrais NDVI (índice de vegetação) e ICC (índice de clorofila) durante o ciclo do feijoeiro. Foi possível definir doses de N em cobertura para o feijoeiro utilizando índices espectrais. O índice de vegetação NDVI apresenta maior precisão na definição da dose do que o índice de clorofila ICC. Avaliações em estádios fenológicos reprodutivos apresentam maior precisão na definição da dose ideal.

**Palavras-chave:** Índice de clorofila. NDVI. Produtividade de grãos.

### ABSTRACT

Common bean yield in Brazil is low, and one of the causes that can be highlighted as poor management of nitrogen fertilization. In this context, the use of remote sensing has helped producers in the most efficient and adequate management of nitrogen in various crops. The aim of this study was to evaluate if it is possible to indicate nitrogen rates in topdressing in early cycle common bean cultivars using spectral indices and what is the best phenological stage to perform the evaluation. The experiment was conducted in Jaboticabal, São Paulo, Brazil. The treatments consisted of two early cycle bean cultivars (IAC Imperador and TAA Gol) and five N rates in topdressing (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>). The design used was randomized blocks in split plot scheme. The spectral indices NDVI (vegetation index) and ICC (chlorophyll index) during bean cycle were evaluated. It was possible to define nitrogen fertilizer rates in topdressing for common bean using spectral indices. The NDVI vegetation index has a higher dose definition accuracy than the chlorophyll ICC index. Reproductive phenological stage assessments show greater precision in defining the optimal nitrogen rate.

**Keywords:** Chlorophyll index. NDVI. Grain yield.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de feijão do mundo, apresentando área anual cultivada de 3,2 milhões de ha e produção total de 3,3 milhões de toneladas (CONAB, 2018). Entretanto, a produtividade média da cultura é baixa no país, com 1,04 toneladas ha<sup>-1</sup> de grãos, visto que o rendimento potencial pode chegar a 6 toneladas ha<sup>-1</sup> (OLIVEIRA et al., 2011). A grande variabilidade de condições em que a cultura é submetida em todo o país, seja climática ou tecnológica, contribui para esse baixo rendimento. Durante o ano agrícola são classificadas três safras da leguminosa: a safra das águas caracteriza-se pela semeadura entre outubro e dezembro, a safra da seca com semeadura entre fevereiro e março e a safra de inverno com semeadura de abril a junho no sudeste e centro-oeste brasileiro. Como as safras estão submetidas a condições climáticas distintas, existe grande variabilidade dos produtores quanto ao nível tecnológico (NASCENTE et al., 2016).

Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade do feijoeiro no Brasil é o manejo da adubação nitrogenada (SORATTO et al., 2013). Como na maioria das culturas, a recomendação de adubação padrão para o feijão desconsidera os efeitos dos genótipos e dos sistemas de produção utilizados para a demanda de nutrientes (AMBROSANO et al., 1997). A variação da demanda de nutrientes pelo feijoeiro em função desses fatores, por exemplo, pode chegar até a 80% (SORATTO et al., 2013; NASCENTE et al., 2016), podendo gerar sub ou superestimativa da quantidade de fertilizantes a serem utilizados. Com isso, informações específicas da demanda de nutrientes por cultivares de feijão e sistemas de produção são necessárias para a otimização e maior eficiência da adubação.

Devido à complexidade dos fatores do sistema solo-planta-atmosfera, a utilização de sensoriamento remoto tem sido adotada para a definição de diversos manejos agrícolas, podendo-se destacar a adubação nitrogenada em cobertura (ZARCO-TEJADA et al., 2013). Por sensoriamento remoto, diversos índices podem ser aplicados para a definição da melhor dose de N para as culturas, podendo-se citar os índices de vegetação e os de clorofila (ZARCO-TEJADA et al., 2013; ZHAO et al., 2018). Dentro dos índices de vegetação, pode ser citado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), sendo o mais utilizado na agricultura de precisão (ROUSE et al. 1974). Quanto aos índices de clorofila, vários equipamentos podem gerar recomendações para as culturas (COELHO et al., 2018).

As hipóteses para o presente estudo são que (i) é possível definir dose ideal de nitrogênio em cobertura para cultivares de feijão-comum utilizando índices espectrais (ii) haverá índice espectral com maior precisão para a definição da dose e (iii) estádios fenológicos reprodutivos são os mais recomendados para a avaliação. O objetivo do trabalho foi avaliar se é possível indicar doses de nitrogênio em cobertura em cultivares de feijão comum de ciclo precoce utilizando índices espectrais e qual o melhor estádio fenológico para realizar a avaliação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, SP, na safra de inverno de 2018, próximo às coordenadas 21°14'59"S, 48°17'16"W e altitude de 572 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, subtropical, relativamente seco no inverno, com chuvas de verão, apresentando temperatura média anual de 22°C, temperatura do mês mais frio superior a 18 °C e

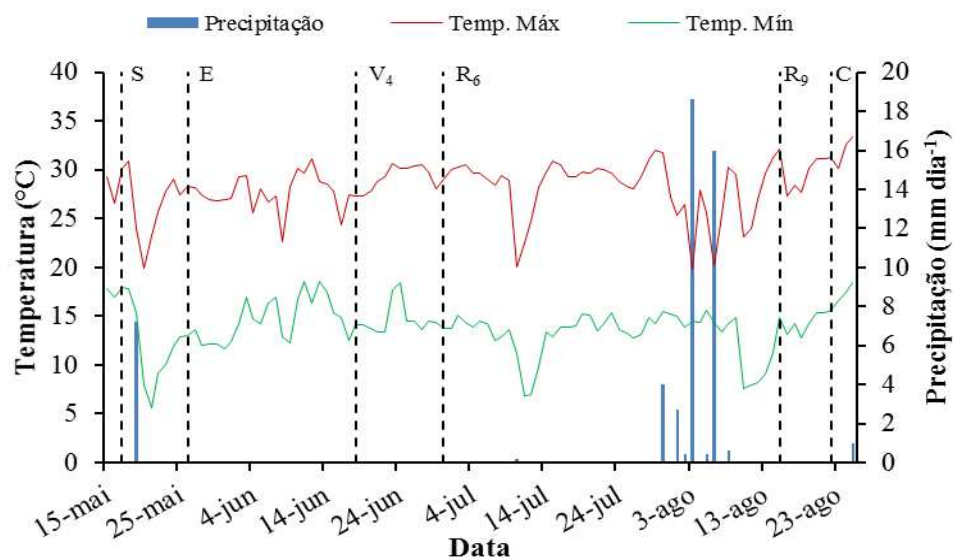
precipitação anual normal de 1.425 mm (ALVARES et al. 2013). O feijão foi semeado em área experimental no primeiro ano de adoção do sistema plantio direto, sob palhada de milho, em Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquemas de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por duas cultivares de feijoeiro comum com grão tipo carioca de ciclo precoce, sendo elas a TAA Gol e IAC Imperador. As subparcelas foram compostas por cinco doses de N em cobertura 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N. A parcela experimental foi constituída por cinco linhas de feijão com cinco metros de comprimento, sendo consideradas como área útil as três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m de cada extremidade.

A semeadura das cultivares de feijão foi realizada mecanicamente em 17/05/2018. A adubação de semeadura foi realizada utilizando-se dose de 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-28-10. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada, de acordo com cada tratamento, utilizando-se a ureia revestida com polímeros Kimcoat® (45% de N) como fonte. As adubações de cobertura foram efetuadas à lanço sem incorporação no estágio fenológico V<sub>4-3</sub> (emissão da terceira folha trifoliada em 50% das plantas) (FERNÁNDEZ et al., 1985). Após a adubação com N em cobertura, a área foi irrigada com lâmina de água de 10 mm a fim de evitar perdas desse nutriente por volatilização (VIERO et al., 2015).

O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade e indicações para a cultura. A irrigação foi do tipo aspersão convencional, aplicando-se uma lâmina de água de 10 a 20 mm em turnos de rega variáveis conforme a necessidade da cultura. A lâmina de água acumulada foi de 550 mm. Os dados de precipitação e temperaturas mínima e máxima diária são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Precipitação (mm), temperatura máxima e mínima diária durante o período experimental. S = semeadura - 15/05/2018; V<sub>1</sub> = emergência das plântulas - 26/05/2018; V<sub>4</sub> = 18/06/2018; R<sub>6</sub> = florescimento pleno - 30/06/2018; R<sub>9</sub> = maturidade fisiológica - 15/08/2018; C = colheita - 22/08/2018. Fonte: Estação Agroclimatológica, Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP.



Foi utilizado o equipamento GreenSeeker HandHeld™ portátil para obtenção dos valores do índice de vegetação NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada). Esse sensor é ativo e gera automaticamente o NDVI (Equação 1) a partir da medida da resposta espectral da banda do vermelho (650 nm) e do infravermelho próximo (770 nm). A obtenção de dados com o GreenSeeker foi realizada manualmente, com passagem sobre o dossel (0,50 m acima) do feijoeiro.

$$NDVI = \frac{pnir - pr}{pnir + pr} \quad (1)$$

Em que,

NDVI: índice de vegetação por diferença normalizada;  
pnir: reflectância no infravermelho próximo (770 nm);  
pr: reflectância no vermelho (650 nm).

As leituras de NDVI foram realizadas em 4 estádios fenológicos da cultura: emissão da sétima folha trifoliada ( $V_{4.7}$ ), florescimento pleno ( $R_6$ ), início da formação de vagens ( $R_7$ ) enchimento de grãos ( $R_8$ ) (FERNÁNDEZ et al., 1985).

No estágio fenológico  $R_6$  (florescimento da cultura), foram coletadas 30 folhas trifoliadas para determinação do teor de N para diagnose foliar (BATAGLIA et al., 1983). Foram utilizadas a terceira folha trifoliada com pecíolo do terço médio de 30 plantas de cada subparcela, seguindo as recomendações de Ambrosano et al. (1997). Nessas mesmas folhas, foi realizada a leitura do índice de conteúdo de clorofila (ICC), utilizando o equipamento CCM-200 "Chlorophyll Content Meter - Opti-Sciences®". A produtividade de grãos foi obtida após arranquio manual e trilha mecanizada das plantas presentes nas três linhas centrais de cada subparcela, com umidade de grãos padronizada em  $0,13 \text{ g g}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos a análise de variância (Teste F), ao nível de probabilidade de 5%, e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando foi observado efeito significativo para o fator dose de N e para a interação cultivar x doses de N, foi realizado estudo de regressão polinomial.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se para o teor de N foliar do feijoeiro que houve diferenças significativas apenas entre as doses de N em cobertura, assim como para o índice de conteúdo de clorofila (ICC) e produtividade de grãos (PG) (Tabela 1). O efeito entre cultivares para esses atributos não foi significativo, bem como a interação entre cultivar e doses de N. Isso indica que as cultivares respondem de forma semelhante aos tratamentos para essas variáveis. Como o efeito doses de N é quantitativo, a análise para as variáveis que apresentaram diferenças para esse fator foi realizada através de regressões. Verifica-se que para o teor de N foliar, ICC e PG os dados se ajustaram a uma equação de segundo grau (Figura 2).

Tabela 2 - Teor de N foliar, índice de conteúdo de clorofila (ICC) (florescimento pleno) e produtividade de grãos (PG) em função das cultivares de feijoeiro comum e das doses de nitrogênio em cobertura.

	N foliar g kg <sup>-1</sup>	ICC R <sub>6</sub>	PG kg ha <sup>-1</sup>
<b>Cultivares</b>			
TAA Gol	40,0	27,4 a	2.391
IAC Imperador	40,7	24,1 b	2.239
CV% – C	15,32	11,64	6,68
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
0	32,9	20,6	2.156
50	41,0	24,8	2.327
100	41,7	28,5	2.421
150	44,4	28,3	2.395
200	41,8	26,7	2.276
CV% - D	12,84	7,54	6,95
<b>Teste F</b>			
Cultivar (C)	0,10 <sup>NS</sup>	12,07*	9,58 <sup>NS</sup>
Dose de N (D)	5,66**	22,51**	3,45*
C X D	0,68 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup> Não significativo pelo teste F. <sup>\*\*</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,01$ ). <sup>\*</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

Para as leituras de NDVI no estágio fenológico V<sub>4</sub>, observou-se que houve diferenças significativas apenas entre cultivares, com o genótipo TAA Gol apresentando o maior valor de NDVI (Tabela 2). Observou-se que as avaliações do índice de vegetação NDVI nos estádios fenológicos R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> e R<sub>8</sub> apresentaram diferenças somente para as doses de N em cobertura (Tabela 2), com os dados se ajustando a equações do segundo grau em todos os estádios fenológicos (Figura 3). O fator cultivar, bem como a interação de cultivar versus doses de N não foi significativo, indicando que as cultivares apresentam padrão de resposta semelhante entre si. Isso demonstra a similaridade entre os materiais, indicando que manejos agrícolas semelhantes, como a adubação nitrogenada, podem ser adotados para os dois genótipos.

Os valores de NDVI apresentam acréscimo com o incremento das doses de N. Isso ocorre, pois o NDVI é calculado pela diferença entre a reflectância do vermelho (650 nm) com a reflectância do infravermelho (770 nm). Como o incremento da dose de N aumenta o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (SORATTO et al. 2013), menor será a reflectância da banda do vermelho e maior na banda do infravermelho. Dessa maneira, quanto maior o valor de NDVI, maior o acúmulo de biomassa pela cultura (COELHO et al., 2018).

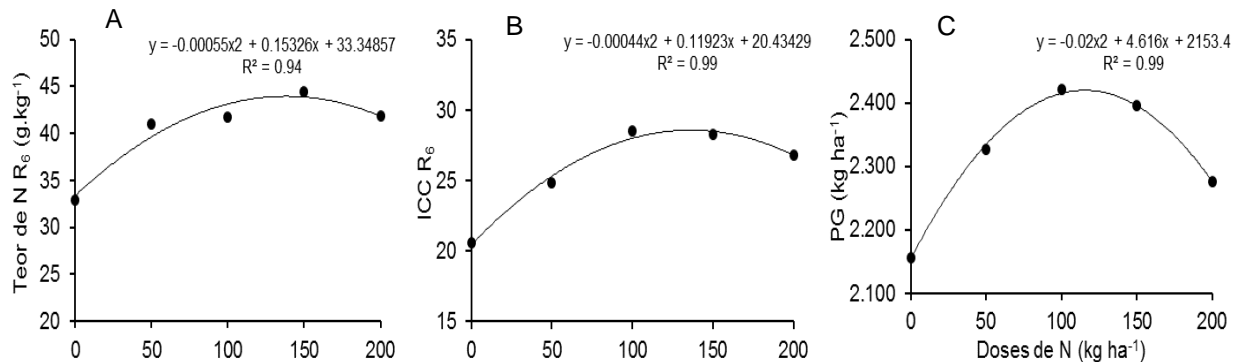
Tabela 2 - Valores do índice de vegetação NDVI nos estádios fenológicos R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> e R<sub>8</sub>

	NDVI V <sub>4</sub>	NDVI R <sub>6</sub>	NDVI R <sub>7</sub>	NDVI R <sub>8</sub>
<b>Cultivares</b>				
TAA Gol	0,628 a	0,766	0,857	0,802
IAC Imperador	0,547 b	0,760	0,838	0,814
CV% – C	11,44	4,99	4,06	4,07
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
0	0,588	0,714	0,830	0,776
50	0,568	0,766	0,845	0,806
100	0,589	0,796	0,857	0,826
150	0,598	0,779	0,859	0,822
200	0,594	0,761	0,844	0,808
CV% - D	8,21	6,43	2,48	3,15
<b>Teste F</b>				
Cultivar (C)	14,36*	0,21 <sup>NS</sup>	3,07 <sup>NS</sup>	1,32 <sup>NS</sup>
Dose de N (D)	0,45 <sup>NS</sup>	3,14*	2,86*	4,67**
C X D	1,00 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	1,53 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ,a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup> Não significativo pelo teste F. \*\* Significativo pelo teste F (p < 0,01). \* Significativo pelo teste F (p < 0,05).

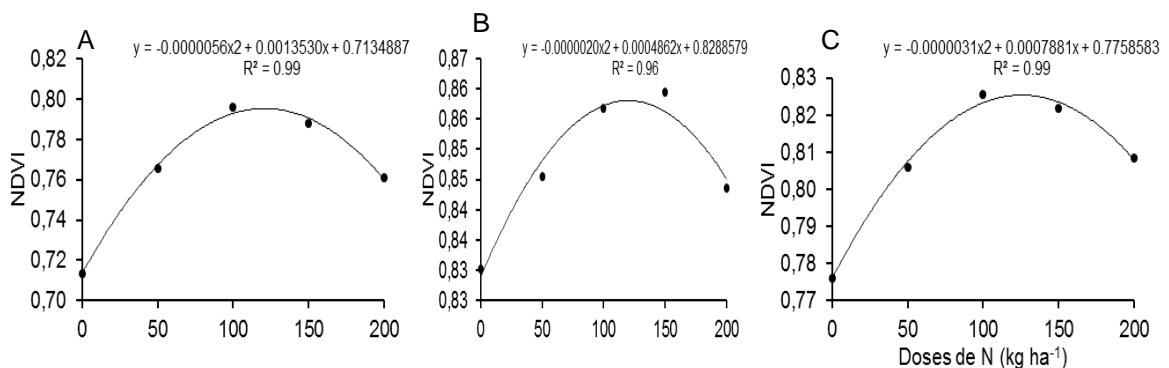
Os máximos valores de teor de N foliar, ICC e PG foram obtidos com doses de N em cobertura de 139, 135 e 115 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2). Observou-se que as doses máximas de N que garantiram os máximos valores do teor de N foliar e do ICC foram próximas. Além disso, a correlação dos valores médios do teor de N e do ICC em função das doses de N em cobertura foi de 0,94, sendo significativa a 5% de probabilidade. Isso indica que a medida indireta de clorofila apresenta elevada precisão na diagnose foliar do feijoeiro quanto ao nutriente nitrogênio. Isso demonstra que pode ser uma técnica alternativa para manejos agrícolas no feijoeiro, destacando a recomendação de adubação nitrogenada em cobertura (KAPP JÚNIOR et al, 2016). Ainda, verificou-se que a dose de N que garantiu o máximo valor de ICC foi semelhante à dose que foi obtida a máxima PG, apresentando-se como uma técnica alternativa na definição das melhores doses de N ao feijoeiro.

Figura 2 - Teor de nitrogênio da parte aérea em R<sub>6</sub> (A), índice de conteúdo de clorofila (ICC) em R<sub>6</sub> (B) e produtividade de grãos (PG) (C) em função de doses de nitrogênio em cobertura



As doses de N em cobertura que garantiram os máximos valores de NDVI nos estádios fenológicos R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> e R<sub>8</sub> foram de 121, 122 e 127 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3). Observou-se que as doses de N que garantiram os máximos valores de NDVI foram semelhantes à dose que garantiu a máxima PG (115 kg ha<sup>-1</sup> de N), independentemente do estágio fenológico. Isso indica que o índice de vegetação NDVI apresenta-se como uma alternativa para a definição das doses de N em cobertura ideais para o feijoeiro. Além disso, o NDVI apresentou resultados mais próximos da dose que garantiu a máxima PG do que o ICC, sendo uma técnica mais acurada para a definição desse manejo.

Figura 3 - Variação do índice de vegetação NDVI em função de doses de N em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos R<sub>6</sub> (A), R<sub>7</sub> (B) e R<sub>8</sub> (C)



Dessa maneira, verificou-se que a utilização de índices espectrais foi eficiente na definição de doses de N em cobertura para as cultivares de feijão. Ainda, o índice de vegetação NDVI apresentou dose de N mais próxima ao ideal, obtida pela produtividade de grãos, do que o índice de clorofila ICC. Além disso, apenas nos estádios fenológicos reprodutivos foi possível a definição de máxima doses de N em cobertura para o feijoeiro.

#### 4 CONCLUSÕES

É possível definir doses de N em cobertura para o feijoeiro utilizando índices espectrais. O



índice de vegetação NDVI apresenta maior precisão na definição da dose do que o índice de clorofila ICC. As cultivares de feijão comum de ciclo precoce IAC Imperador e TAA Gol não apresentam diferenças na definição da melhor dose de nitrogênio em cobertura. Avaliações em estádios fenológicos reprodutivos apresentam maior precisão na definição da dose de nitrogênio ideal ao feijoeiro.

## REFERÊNCIAS

AMBROSANO, et al. Feijão. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).

ALVARES, C.A et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

COELHO, A. P. et al. Vegetation indices in the prediction of biomass and grain yield of white oat under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 109-117, 2018.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Décimo Levantamento, v.5, n.10. Julho/2018. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_03\\_14\\_15\\_28\\_33\\_boletim\\_graos\\_marco\\_2017bx.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf) > Acesso em 10 ago. 2018

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERNÁNDEZ, F. et al. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34p.

KAPP JUNIOR, C. et al. Use of active canopy sensors to discriminate wheat response to nitrogen fertilization under no-tillage. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 5, p. 886-894, 2016.

NASCENTE, A. S. et al. Growth, nutrient accumulation in leaves and grain yield of super early genotypes of common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 292-300, 2016.

OLIVEIRA, L. J. C. et al. Modelos de estimativa de produtividade potencial para as culturas do feijão e do milho. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 4, p. 304-312, 2011.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings...Washington: NASA, v.1, p.307-317, 1973.

SORATTO, R. P. et al. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I-macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1027-1042, 2013.

VIERO, F. et al. Management of irrigation and nitrogen fertilizers to reduce ammonia volatilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p.1737-1743, 2015.

ZARCO-TEJADA, P. J. et al. A PRI-based water stress index combining structural and chlorophyll effects: Assessment using diurnal narrow-band airborne imagery and the CWSI thermal index. **Remote Sensing of Environment**, v. 138, p. 38-50, 2013.

ZHAO, Ben et al. Exploring new spectral bands and vegetation indices for estimating nitrogen nutrition index of summer maize. **European Journal of Agronomy**, v. 93, p. 113-125, 2018.

# CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO COMO FERRAMENTE DE ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO SOLO

## *Apparent electrical conductivity of the soil and vegetation indexes as a tool for soil attributes analyses*

Letícia Bernabé Santos<sup>1</sup>, Alex Rangel Gonzaga<sup>1</sup>, Danilo Tedesco de Oliveira<sup>1</sup>, Mailson Freire de Oliveira<sup>1</sup>, Teresa Tarlé Pissara<sup>1</sup>, Rouverson Pereira da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista; Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n; CEP 14884-900; Jaboticabal, SP- Brasil, tel (+55) 16 3209-7100, email: leticiabernabe.s@gmail.com

### RESUMO

Nas últimas décadas, a agricultura tem se desenvolvido intensamente com o emprego das novas tecnologias, dentre elas, a condutividade elétrica aparente (CEa) do solo tem sido estudada por estar relacionada com várias propriedades do solo, bem como os índices de vegetação têm sido utilizadas para estimar a biomassa e produtividade das culturas. Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações das leituras de condutividade elétrica e índices de vegetação para tomadas de decisão. O estudo foi realizado em uma área de produção de soja, localizada na Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Jaboticabal-SP. Os valores de CEa foram obtidos através do princípio da indução eletromagnética utilizando o sensor EM38-MK2®, enquanto os valores de NDVI foram obtidos através de imagem de satélite PlanetScope com resolução espacial de 3x3 (m). A análise estatística se deu pela utilização da análise descritiva e análise dos mapas. Verificou-se que a condutividade elétrica e os índices NDVI e SAVI são importantes ferramentas para direcionamento da amostragem, para posterior tomada de decisão.

**Palavras-chave:** *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Condutividade elétrica aparente do solo.*

### ABSTRACT

In the last decades, agriculture has developed intensely with the use of new technologies, among them, the apparent electrical conductivity (ECa) of the soil has been studied for being related to several soil properties, as well as the vegetation indices have been used. to estimate crop biomass and yield. In this scenario, the objective of this work was to evaluate the relationships of electrical conductivity readings and vegetation indices for decision making. The study was conducted in a soybean production area, located at Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal-SP campus. ECa values were obtained through the principle of electromagnetic induction using the EM38-MK2® sensor, while NDVI values were obtained through a 3x3 (m) spatial resolution PlanetScope satellite image. Statistical analysis was performed using descriptive analysis and map analysis. It was found that electrical conductivity and NDVI and SAVI indices are important tools for sampling direction for later decision making.

**Keywords:** *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Apparent electrical conductivity of soil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a agricultura tem se desenvolvido intensamente com o emprego das novas tecnologias, obtendo grandes avanços no aumento da produtividade. Tais tecnologias são desenvolvidas graças a outros setores, como a informática, sensoriamento remoto, geotecnologias

com SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), bem como a aplicação de novos conceitos de manejo de solo, identificando a variabilidade na lavoura e viabilizando melhor gerenciamento e tomadas de decisão (MANTOVANI, 1999).

Dentre essas tecnologias, a condutividade elétrica aparente (CEa) do solo tem sido estudada por estar relacionada com várias propriedades do solo (JOHNSON, 2001) e por ser um atributo de fornecer informações precisas a baixo custo e de rápida determinação (KRAVCHENKO et al., 2003).

A CEa do solo integra a disponibilidade de água e a textura, sendo esses atributos importantes para a produtividade e, auxiliam no rendimento do cultivo (KITCHEN et al., 1999), como observado por Machado et al., (2006). No Brasil, os valores de CEa estavam relacionados com atributos físicos do solo (teor de argila) e sua variabilidade espacial foi utilizada para realizar os limites da zona de manejo.

Os índices de Vegetação (IV's) são funções matemáticas calculadas a partir do fluxo de radiação refletida em diferentes bandas espectrais das imagens feitas por sensores embarcados em diferentes plataformas. Tais informações têm sido utilizadas para estimar a biomassa e produtividade das culturas, uma vez que os padrões espaciais e temporais fornecidos tem sido empregados na estimativa de parâmetros biofísicos (NUMATA et al., 2007).

O IV NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é o mais utilizado para análise de vegetação, permitindo o monitoramento da biomassa verde das regiões de produção e ao acúmulo de biomassa (JENSEN, 2009). Já o índice SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) foi desenvolvido para minimizar a influência do solo na reflectância da cultura no denominador da equação de NDVI.

O monitoramento das culturas durante seu desenvolvimento é importante para a segurança alimentar. Quando uma queda de produtividade é prevista, possibilita o direcionamento da amostragem e possíveis ações para garantir que este cenário não ocorra. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações das leituras de condutividade elétrica e índices de vegetação para tomadas de decisão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado em uma área de produção de soja, localizada na Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Jaboticabal-SP, próximo às coordenadas geográficas 21°14'48" S, e 48°16'44" W, com altitude média de 565 metros acima do nível do mar e clima Aw (estação chuvosa no verão e seca no inverno), segundo classificação de Koppen.. A área foi classificada como Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, com 533 g kg<sup>-1</sup> de argila, 193 g kg<sup>-1</sup> de silte e 274 g kg<sup>-1</sup> de areia.

### 2.2 MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE (CEA) DO SOLO

As leituras foram realizadas antes da semeadura da cultura da soja na safra de 2017/2018, em área total de 19,59 ha, utilizando o sensor EM38-MK2® (Geonics, Mississauga, Ontário, CANADA), o qual possibilita a determinação da condutividade elétrica aparente nas camadas de 50 e 100 cm, segundo o princípio da indução eletromagnética. Os pontos coletados totalizam

46910 e todos foram normalizados para escala de “zero” a “um”, por meio da fórmula:

$$\text{Normalização (0 a 1)} \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

Por meio do software QGIS®, as informações foram interpoladas pelo método Inverso da Distância ao Quadrado (IDW) em uma malha de 4m<sup>2</sup> e gerado os layouts dos mapas.

### 2.3 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS E GERAÇÃO DOS IV'S

As imagens foram adquiridas pela plataforma orbital PlanetScope CubeSat®, que são caracterizadas como 3U Cube Stas (10 x 10 x 30 cm) com massa de 4 kg, aproximadamente. A constelação é constituída por 148 satélites em órbita solar e podem coletar imagens com 3-5m de resolução, diariamente (Planet Team, 2019). Os satélites da PlanetScope possuem quatro bandas espectrais, sendo três no visível, Blue (455-515 nm), Green (500-590), Red (590-670 nm) e uma no infravermelho próximo, NIR (780-860 nm).

Foram utilizadas 2 imagens do satélite Planet Scope, nas datas de 17/11/2017 e 29/11/2017, respectivamente, todas adquiridas no ciclo vegetativo da soja. Os satélites da PlanetScope possuem quatro bandas espectrais, sendo três no visível, *Blue* (455-515 nm), *Green* (500-590), *Red* (590-670 nm) e uma no infravermelho próximo, NIR (780-860 nm). As imagens foram submetidas a série de calibrações radiométricas básicas, envolvendo correções de distorções do sensor e ajustes para a variação do ângulo do sol, utilizando o programa computacional QGIS®.

Os dados de saída incluem dois índices de vegetação, Normalized Difference Vegetation Index (ROUSE et al., 1974) e Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) (HUETE, 1988), gerados no mesmo aplicativo.

$$NDVI = \frac{\text{Infravermelho} - \text{Vermelho}}{\text{Infravermelho} + \text{Vermelho}} \quad (2)$$

$$SAVI = \frac{(\text{Infravermelho} - \text{Vermelho}) * (1 + L)}{(\text{Infravermelho} + \text{Vermelho} + L)} \quad (3)$$

Em que:

L – Constante de 0,5, para ajuste da reflectância do solo.

### 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variabilidade da reflectância, IV's e dos atributos de CEa se deu pela utilização da análise descritiva, calculando-se média, coeficiente de variação, desvio-padrão, mínimo e máximo, por meio do software Minitab 12.2 ®.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva dos valores de condutividade elétrica aparente do solo (CEa) em duas profundidades e valores dos índices de vegetação (NDVI e SAVI) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva da Condutividade elétrica aparente do solo (CEa, mS m<sup>-1</sup>) em duas profundidades, valores dos índices de vegetação NDVI e SAVI em duas datas de coleta.

<sup>(w)</sup>DP – Desvio Padrão, <sup>(y)</sup>CV – Coeficiente de variação.

Atributos	Mínimo	Máximo	Média	DP (w)	CV (%) (y)
CEa - 100 cm	0.89	1.01	0.93	0.01	1.13
CEa - 50 cm	0	0.43	0.14	0.06	45.2
NDVI (17/11)	0.17	0.4	0.29	0.03	10.54
NDVI (29/11)	0.37	0.59	0.49	0.04	9.16
SAVI (17/11)	0.1	0.25	0.17	0.02	11.86
SAVI (29/11)	0.23	0.41	0.31	0.03	10.97

Foi observado uma diferença entre os valores mínimo e máximo de CEa nas profundidades de 100 e 50 cm, com amplitude de 0,12 e 0,43 e médias de (0,93 ± 0,01) e (0,14 ± 0,06), respectivamente. Além disso, o valor de CEa na profundidade de 100 cm apresenta valores maiores do que a profundidade de 50 cm.

Os valores de coeficiente de variação entre as profundidades (100 e 50 cm) de CEa foram de 1,13% analisando a camada profunda e com 45,20% na camada superficial. De acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (1985), estudando os coeficientes de variação em ensaios agrícolas, ele determinou que abaixo de 10% são baixos e acima de 30%, são considerados muito altos.

Em relação a primeira data de aquisição da imagem para cálculo de NDVI e SAVI foi observado entre o valor mínimo e máximo, a amplitude de 0,23 e 0,15 com média (0,29 ± 0,03) e (0,17 ± 0,02), respectivamente. Os resultados comparativos mostram que a segunda data de aquisição de imagem (intervalo de 12 dias) apresentou um incremento nos valores dos índices de vegetação, com amplitude de 0,22 e 0,18 com média de (0,49 ± 0,04) e (0,31 ± 0,03), respectivamente.

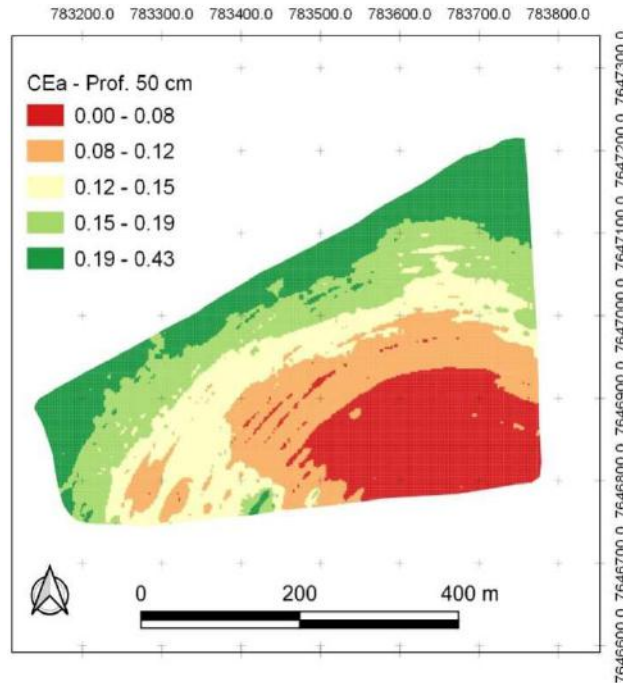
Foi observado uma redução dos valores do coeficiente de variação entre as datas de aquisição de imagem para os índices de vegetação de 1,38 (NDVI) e 0,89 (SAVI), sendo considerados valores de baixo a médio coeficiente de variação de acordo com Pimentel Gomes (1985). Esse resultado é explicado pela existência de uma tendência da saturação dos índices de vegetação (POVH, 2008) de acordo com o crescimento da planta, devido a redução da variabilidade do índice no final do ciclo de produção. Entretanto, as duas datas amostradas foram satisfatórias para análise de NDVI.

A partir do mapa de CEa gerado pelo método de Interpolação inverso da distância ao quadrado (IDW) (Figura 1), constata-se que os valores de CEa foram maiores nas camadas de 0,0 – 100 cm comparando com 0,0 – 50 cm. O mesmo resultado não foi obtido no trabalho de Oliveira, Franchini, Debiasi, (2011), pois os maiores valores da condutividade foram observados nas camadas mais superficiais, o que pode ser explicado pela diferença entre os equipamentos utilizados para aquisição dos dados, neste os autores utilizaram o sensor de contato direto Veris 3100®. Em contra partida, os autores afirmam que houve correlação inversamente proporcional da CEa e produtividade.

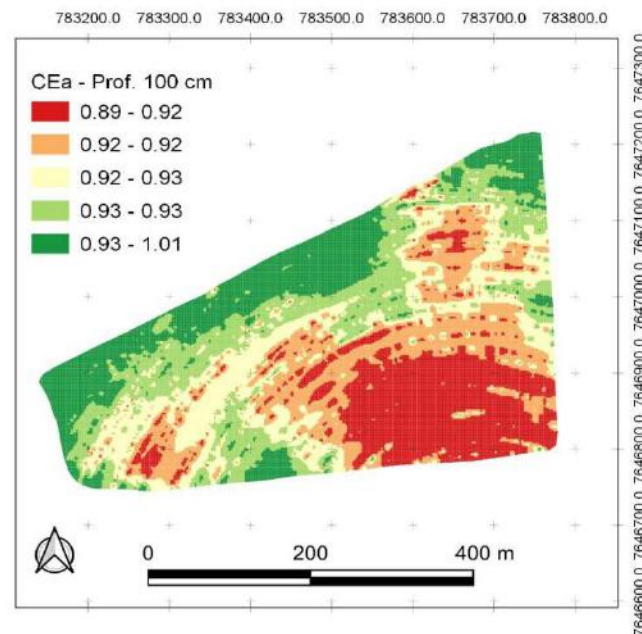
A CEa é uma forma fácil e rápida de quantificar e monitorar os atributos do solo, dentre eles a salinidade (RABELLO, 2009). A presença de sólidos solúveis inorgânicos, principalmente sais, presentes na fase líquida do solo prejudicam o potencial osmótico da planta, aumenta a toxicidade específica de íons e desregula a absorção de nutrientes. Os efeitos da salinidade são manifestados na perda de produtividade e, em casos mais severos, perda total da cultura (CORWIN; LESCH, 2003).

Figura 1 - A) Mapa de CEa do solo (mS m<sup>-1</sup>), na profundidade de 0,0 – 50 cm e B) Mapa de CEa do solo (mS m<sup>-1</sup>), na profundidade de 0,0 – 100 cm.

A)



B)



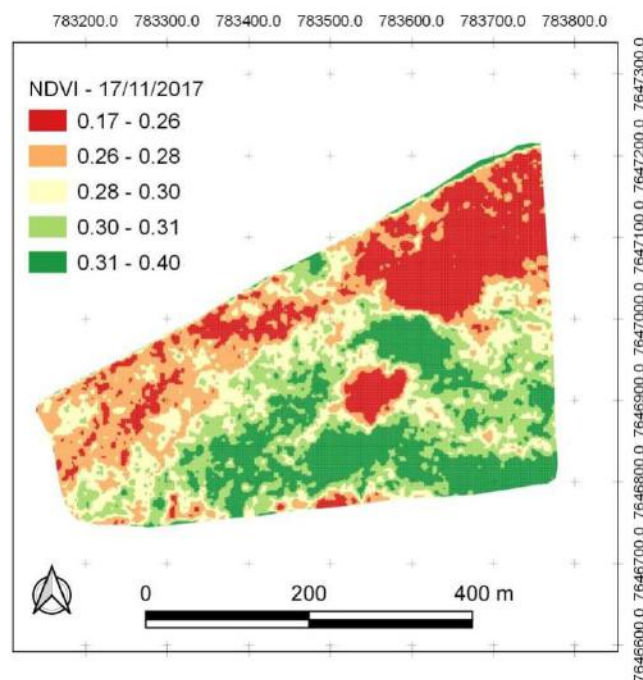
Pelos mapas apresentados na Figura 2, pode-se observar no lado direito superior os menores valores de NDVI e SAVI que se estende até o lado esquerdo, o qual é evidenciado pela escala de tonalidade vermelha. O primeiro mapeamento desses índices rastreia uma mancha central de baixo valor, a qual não é identificada no segundo mapeamento. Já na região inferior, os valores de NDVI e SAVI são rastreados pelas tonalidades verde e amarela, indicando alto crescimento vegetativo. As manchas da CEa são contrárias aos índices de vegetação, sendo que

as cores vermelhas sinalizam os menores valores. Os valores de NDVI quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (ROSENDO, 2005).

O índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), que procura minimizar os efeitos da reflectância do solo ao considerar a incorporação de um fator de ajuste dependente da densidade de vegetação (GILABERT et al, 2002; EASTMAN, 2006). Neste conceito, não houve grande diferença no mapa desse índice com o NDVI.

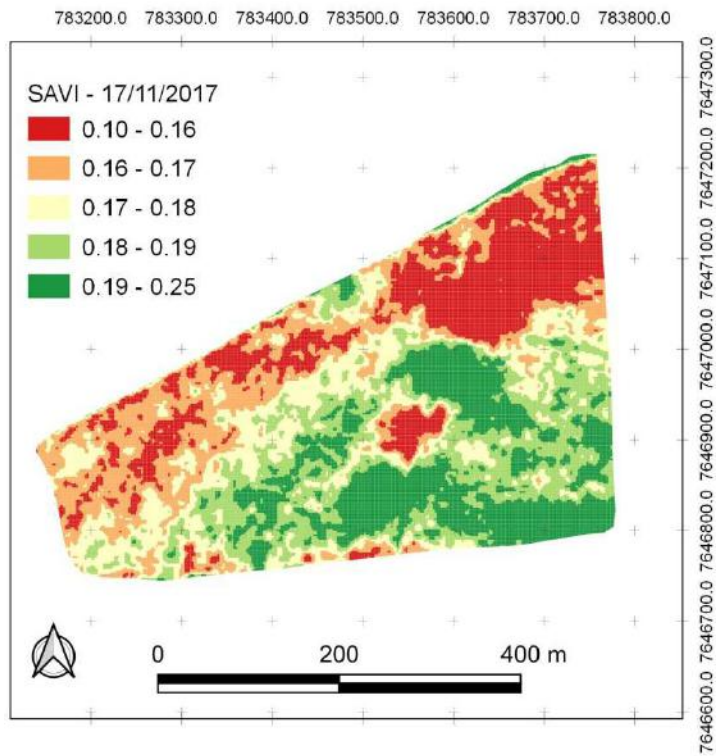
Figura 2 - C) Mapa de NDVI, primeira data (17/11/2017); D) Mapa de SAVI, primeira data (17/11/2017); E) Mapa de NDVI, primeira data (29/11/2017) e F) Mapa de SAVI, primeira data (29/11/2017).

C)

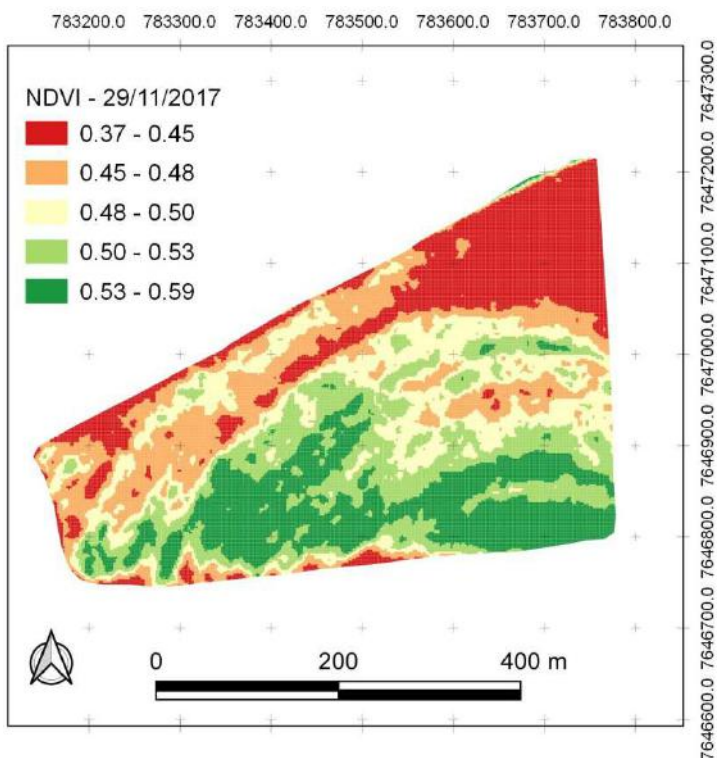




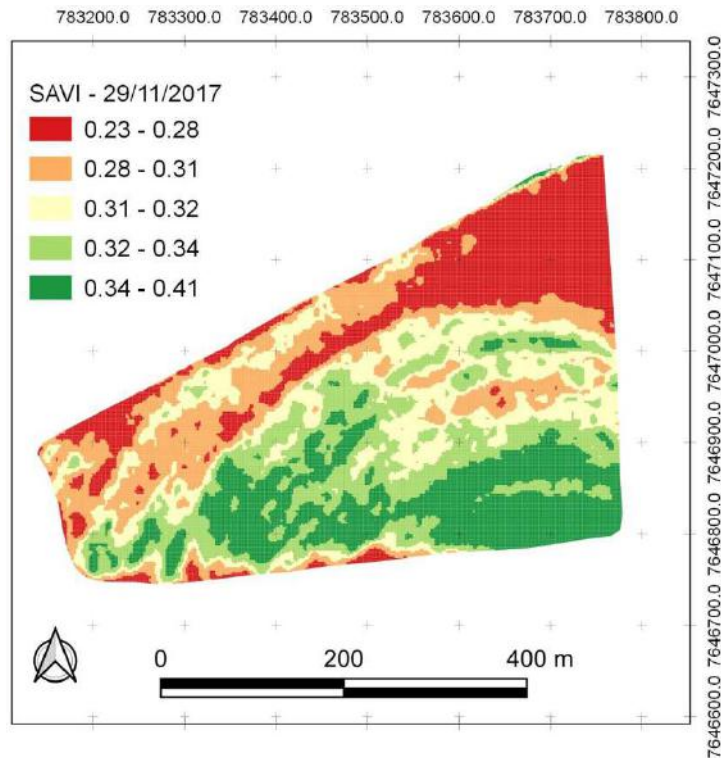
D)



E)



F)



#### 4 CONCLUSÃO

Os índices de vegetação NDVI e SAVI foram eficientes na identificação de pontos problemáticos para direcionamento de amostragens. Apenas a CEa e IV's não são suficientes para tomadas de decisão, outras análises são necessárias para ajudar na interpretação desses dados, como por exemplo, mapas de produtividade e mapas dos atributos de fertilidade do solo.

#### REFERÊNCIAS

- CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 3, p. 455-471, 2003.
- HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.
- JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução Epiphany, J.C.N. Parênteses, São José dos Campos. 2009.
- KRAVCHENKO, A. N. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. **Soil Science Society. American Journal**, v. 67, p. 1564-1571, 2003.

KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A.; DRUMMOND, S. T. Soil electrical conductivity as a crop productivity measure for claypan soils. **Journal of Production Agriculture**, v. 12, p. 607–617, 1999.

MACHADO, P. L. O. A et al.. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1023-1031, 2006.

MANTOVANI, E. C. (Coord.). Desenvolvimento, ajustes e aplicação de técnicas de agricultura de precisão para o aumento de eficiência e redução de impactos ambientais de sistemas de produção agrícola sob plantio direto. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 1999- 2002. v. 1 (Projeto PRODETAB 030-01/99).

MONTEIRO, P.F.C. et al., Assessing biophysical variable parameters of bean crop with hyperspectral measurements, **Scientia Agricola** v.69: p.87-94, 2012.

NUMATA, I. et al., Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, p. 314–327, 2007.

OLIVEIRA, F. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Variabilidade espacial da produtividade da soja e da condutividade elétrica de um Latossolo Bruno. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.;

PIMENTEL-GOMES, F. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 160 p.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1075-1083, 2008.

RABELLO, L. M. Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 19 p. Documentos, 43).

RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2011. p. 153-156.

## DELIMITAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO PARA GERENCIAMENTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

### *Zone delimitation for management in precision agriculture*

Letícia Bernabé Santos<sup>1</sup>, Vinicius dos Santos Carreira<sup>2</sup>, Luiz Henrique Alves<sup>1</sup>, Arthur Mulin Rondinone<sup>1</sup>, Edson Massao Tanaka<sup>2</sup>, Danilo Tedesco de Oliveira<sup>1</sup>, Cristiano Zerbato<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista; Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n; CEP 14884-900; Jaboticabal, SP- Brasil, tel (+55) 16 3209-7100, e-mail: [leticiabernabe.s@gmail.com](mailto:leticiabernabe.s@gmail.com)

<sup>2</sup> Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC "Shunji Nishimura, 17540-000, Pompéia-SP, Brasil.

### RESUMO

A possibilidade de gerar mapas relacionados aos sistemas de produção, tem permitido a identificação de zonas homogêneas e conseqüentemente a aplicação de manejos localizados, auxiliando a tomada de decisão, redução de custos e dos impactos ambientais. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi definir unidades de gerenciamento por meio de classificações de similaridade através da implantação do algoritmo c-means estabelecendo relações funcionais da condutividade elétrica com índice de vegetação NDVI. O mapeamento da condutividade elétrica aparente (CEa) do solo foi realizado em uma área de 40 hectares utilizando o princípio da indução Eletromagnética (IEM) nas profundidades de 0,5 (m) e 1,0 (m). As imagens tomadas para cálculo do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foi através do satélite 4band – Planet'Scope Scene com resolução de (9m<sup>2</sup>). Realizou-se, neste trabalho a implementação do algoritmo de agrupamento c-means fuzzy com o propósito de particionar número máximo de observações dos dados no espaço de recursos em grupos. A CEa do solo em conjunto com o índice de vegetação NDVI mostrou se eficiente para identificar zonas de manejos.

**Palavras-chave:** Condutividade elétrica aparente do solo. Índice de vegetação da diferença normalizada. Fuzzy c-means.

### ABSTRACT

The possibility of generating maps related to production systems, has allowed the identification of homogeneous zones and consequently the application of localized management, helping decision making, cost reduction and environmental impacts. Thus, the objective of this work was to define management units through similarity classifications through the implementation of the c-means algorithm establishing functional relationships of electrical conductivity with NDVI vegetation index. The mapping of the apparent electrical conductivity (CEa) of the soil was carried out in an area of 40 hectares using the principle of electromagnetic induction (EMI) at depths of 0.5 (m) and 1.0 (m). The images taken to calculate the normalized difference vegetation index (NDVI) were through the 4band - Planet'Scope Scene satellite with a resolution of (3m<sup>2</sup>). This work implemented the c-means fuzzy clustering algorithm with the purpose of partitioning maximum number of data observations in the resource space in groups. Soil ECa together with the NDVI vegetation index was efficient to identify management zones.

**Keywords:** Apparent soil electrical conductivity. Normalized difference vegetation index. Fuzzy c-means.

## 1 INTRODUÇÃO

Na agricultura de precisão novas tendências na análise de dados priorizam o desenvolvimento de modelos que levam em consideração a variabilidade espacial, evitando assim os efeitos de suavização geralmente resultantes dos procedimentos de interpolação de dados através de modelos geoestatístico e métodos determinísticos.

Um ponto positivo a ser observado nesta abordagem que os modelos de geração de mapas baseiam-se na ideia de analisar e dimensionar a variação dos fatores de produção utilizando os valores observados, desta forma, combinados com a evolução e a disseminação de sensores.

A possibilidade de gerar mapas relacionados aos sistemas de produção agrícola, tem permitido a identificação de zonas homogêneas e conseqüentemente a aplicação de insumos e manejos localizados, auxiliando a tomada de decisão por parte do produtor, redução de custos operacionais e também na redução dos impactos ambientais causado em um eventual desperdício de matéria prima.

A utilização da geoestatística na agricultura tem permitido que a dependência espacial seja visualizada e moderada espacialmente (MENDES; FONTES; OLIVEIRA, 2008). O mapeamento de amostras do solo por exemplo é utilizado para identificação de pontos carentes de nutrientes na colheita.

Uma outra maneira de se estimar algumas propriedades físico-químicas do solo, porém com custos menores que os de realização de amostragem é a geração de mapas de condutividade elétrica. O mapeamento é realizado de forma simples e tem se difundido na estimativa de textura de solo. (MACHADO et al., 2006). Os mapas gerados de condutividade elétrica auxiliam na determinação de zonas de manejo em uma área, isso se deve ao fato do seu baixo custo com relação ao de amostragem do solo.

Os índices de vegetação, como o NDVI, são bons indicadores da quantidade de biomassa, especialmente em gramíneas (FERN et al., 2018), e são calculados por meio de leitura de sensores em plataformas orbitais, aéreas ou terrestres (diretamente no trator ou pulverizador). Imagens, tanto orbitais como sub-orbitais, também têm sido utilizadas para gerar mapas de NDVI e recomendações variadas para tais pulverizações.

Com base neste contexto, o objetivo deste trabalho foi definir unidades de gerenciamento por meio de classificações de similaridade através da implantação do algoritmo c-means estabelecendo relações funcionais da condutividade elétrica com índice de vegetação NDVI.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP, localizada no município de Jaboticabal-SP, próximo às coordenadas geográficas 21°14'48" S, e 48°16'44" W, com altitude média de 559 metros.

### 2.1 MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

O mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo foi realizado em uma área de 40 hectares utilizando o princípio da indução Eletromagnética (IEM) nas profundidades de 0,5 (m) e 1,0 (m) utilizando o sensor EM38-MK2® (Geonics, Mississauga, Ontário, CANADA). Os dados

coletados em campo foram normalizados para escala de “zero” a “um” calculados pela seguinte equação (1):

$$\text{Normalização (0 a 1)} \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

Em seguida as informações da condutividade elétrica foram submetidas ao processo de interpolação pelo método Inverso da Distância ao Quadrado (IDW) em uma malha de (9m<sup>2</sup>) através da extensão Interpolação do programa computacional QGIS 2018.

## 2.2 AQUISIÇÃO DE IMAGENS SATÉLITE PLANET'S DOVE

As imagens tomadas para cálculo do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foi através do satélite 4band – Planet'Scope Scene que oferece a composição RGB+IF (“R” = vermelho, “G” = verde, “B” = azul, “IF” = infravermelho) com tamanho de pixel de (9m<sup>2</sup>).

No programa QGIS 2018 o NDVI foi calculado através extensão Calculadora Raster utilizando as três bandas do modelo de cores Vermelho (2), Verde (3) e Azul (4) por meio das equações:

$$NDVI (\text{Vermelho}) = \frac{\text{Infravermelho} - \text{Vermelho}}{\text{Infravermelho} + \text{Vermelho}} \quad (2)$$

$$NDVI (\text{Verde}) = \frac{\text{Infravermelho} - \text{Verde}}{\text{Infravermelho} + \text{Verde}} \quad (3)$$

$$NDVI (\text{Azul}) = \frac{\text{Infravermelho} - \text{Azul}}{\text{Infravermelho} + \text{Azul}} \quad (4)$$

## 2.3 IDENTIFICAÇÃO DE UMA MEDIDA DE SIMILARIDADE E DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO

Uma medida de similaridade é um procedimento usado para determinar quão semelhante é uma observação para um centro de cluster (FRIDGEN et al., 2004).

Realizou-se, neste trabalho a implementação do algoritmo de agrupamento c-means fuzzy com o propósito de particionar número máximo de observações de dados no espaço de recursos em grupos ou clusters c. "Fuzzy" refere-se à associação compartilhada entre as classes (Ruspini, 1969).

Utilizou-se o programa Management Zone Analyst (MZA) para definir o número ótimo de classes de 2 a 8 entre os atributos da condutividade elétrica do solo (0,5 e 1,0 m) e NDVI (vermelho, verde e azul) a medida de similaridade utilizada foi a distância de Mahalanobis, que explica as variáveis desiguais, bem como a correlação entre as variáveis. O software realiza isso ao incluir a matriz de covariância variável variada dentro da classe como parte integral do cálculo da distância (Bezdek, 1981; McBratney e Moore, 1985; Odeh et al., 1992).

## 2.4 CONFECÇÃO DE MAPAS DE ZONAS HOMOGÊNEAS

A última etapa foi a confecção do mapa das zonas de gerenciamento para o agrupamento por similaridade, novamente foi utilizado o programa QGIS 2018 realizando o processo de

interpolação pelo método Inverso da Distância ao Quadrado (IDW) em uma malha de (9m2).

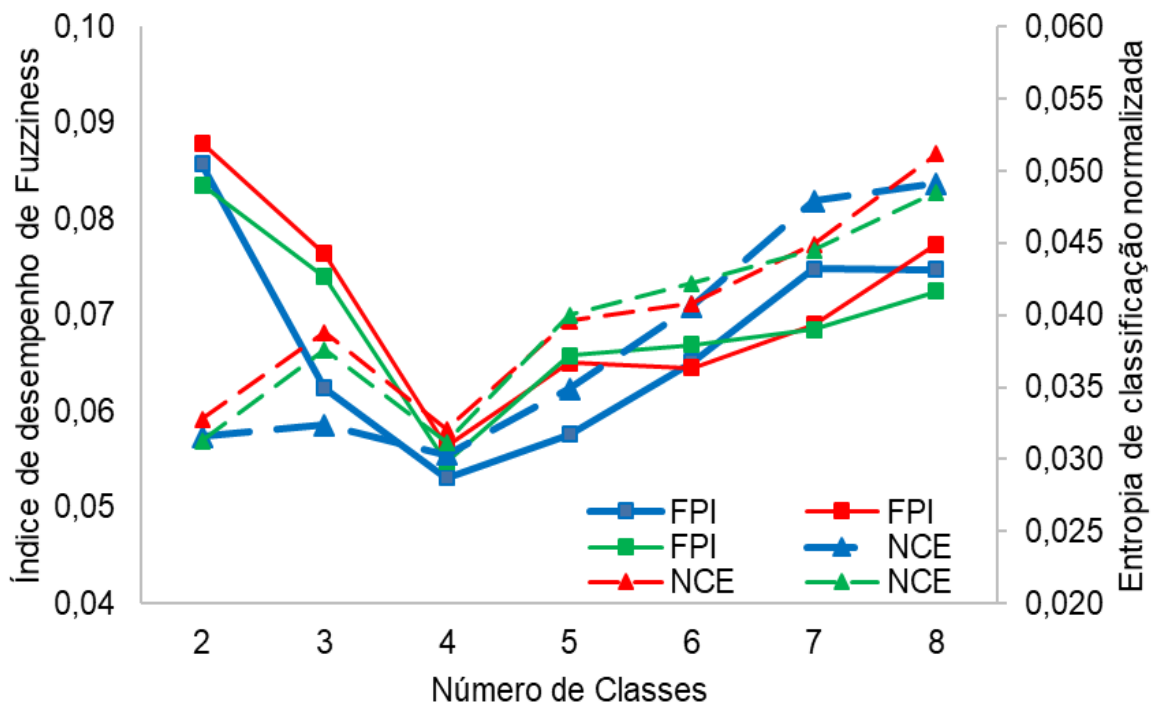
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira análise foi verificar o desempenho da classificação entre os índices de vegetação calculado com as três bandas da composição RGB selecionadas de maneira individual relacionando com a condutividade elétrica em ambas profundidades.

Segundo (FRIDGEN et al., 2004), a melhor classificação entre as zonas ocorre quando o compartilhamento da associação (FPI) a ou a quantidade de desorganização de classe (NCE) é em um mínimo com o menor número de classes utilizadas.

Na Figura 1 é possível observar que entre os índices de vegetação calculados por meio das composições do RGB todos apresentaram o mesmo valor de número de classes para classificação de zonas homogêneas quando relacionados com a condutividade elétrica aparente do solo, sendo 4 classes valor mais adequado para agrupamento.

Figura 1 - Índice de desempenho de Fuzzi (FPI) e entropia de classificação normalizada, analisando as bandas da composição RGB individualmente com a condutividade elétrica aparente do solo.



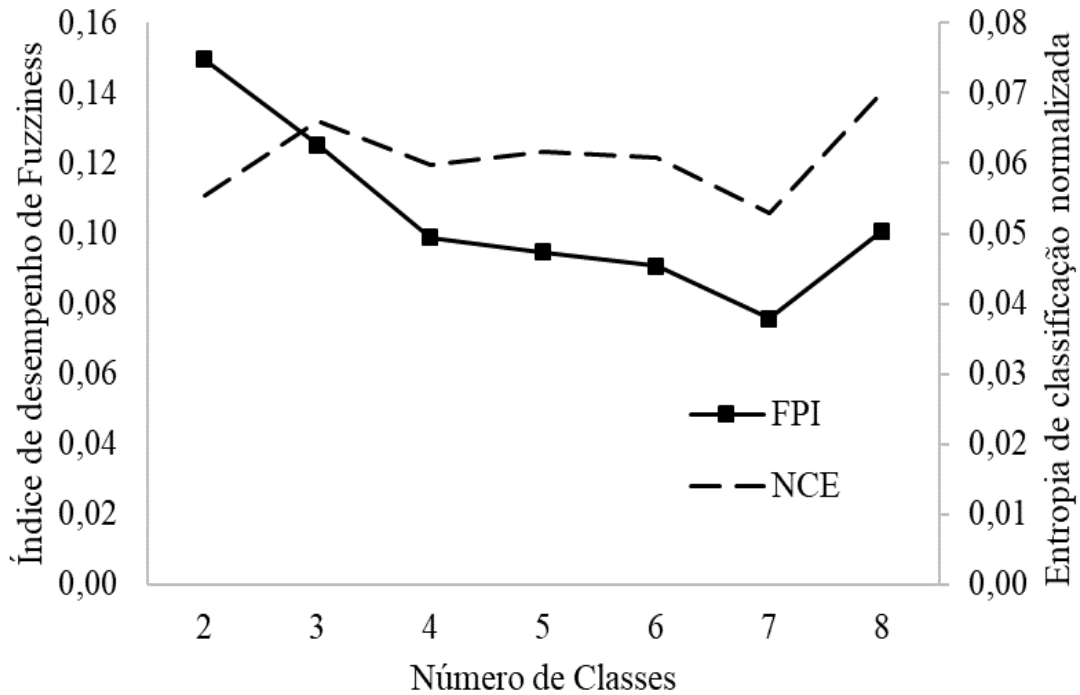
Legenda: FPI – Índice de Desempenho de Fuzzy, NCE - Métrica para Desorganização de Classe.

Devido as bandas apresentarem o mesmo número de classe para agrupamento de zonas homogêneas o próximo passo foi analisar todas as variáveis em conjunto, para então ter um melhor detalhamento da área.

Ao realizar, a classificação por meio destas variáveis em conjunto na (Figura 2) obteve-se

uma mudança no valor do agrupamento de classes onde o cruzamento entre (FPI) e (NCE) foi encontrado sobre a 7 classes.

Figura 2 - Índice de desempenho de Fuzzi (FPI) e entropia de classificação normalizada (NCE), analisando as bandas da composição RGB em conjunto com a condutividade elétrica aparente do solo.



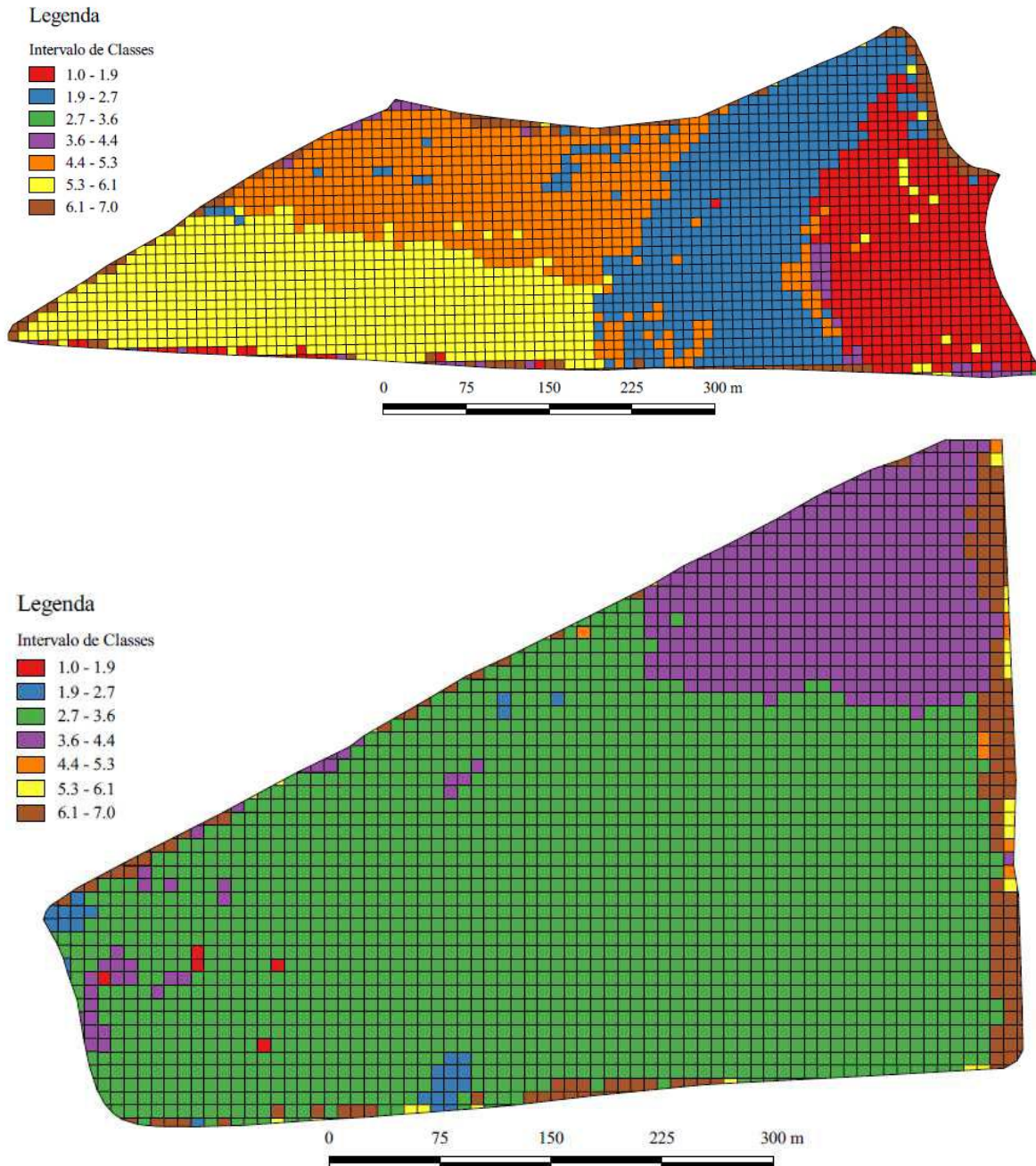
Legenda: FPI – Índice de Desempenho de Fuzzy, NCE - Métrica para Desorganização de Classe.

Na Figura 3 foi gerado o mapa da classificação das zonas de manejo de acordo com o (FPI) e (NCE) pelo método de interpolação Inverso da Distancia ao Quadrado, onde foi possível observar a variabilidade existente na área dividida em 7 classificações.

Apesar da classificação de zonas de manejo por meio da condutividade elétrica aparente do solo e por meio dos índices de vegetação NDVI outros fatores relacionados a fertilidade do solo e produtividade das cultuvas serao atribuidos neste trabalho para detalhar ainda mais as zonas de manejo e ter maior confiabilidade.



Figura 3 - Condutividade elétrica aparente do solo, índice de vegetação NDVI por meio da composição RGB como parâmetros para delimitação das zonas de manejo.



#### 4 CONCLUSÃO

A condutividade elétrica aparente do solo em conjunto com o índice de vegetação NDVI mostrou se eficiente para identificar zonas de manejos.

## REFERÊNCIAS

BEZDEK, J.C.. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. **Plenum Press**, New York, 1974.

FERN, Rachel R. et al. Suitability of NDVI and OSAVI as estimators of green biomass and coverage in a semi-arid rangeland. **Ecological indicators**, v. 94, p. 16-21, 2018.

FRIDGEN, J. J. et al. Management zone analyst (MZA). **Agronomy Journal**, v. 96, n. 1, p. 100–108, 2004.

MACHADO, P. L. O. DE A. et al. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 1023–1031, 1 jun. 2006.

MENDES, A. M. S.; FONTES, R. L. F.; OLIVEIRA, M. DE. Variabilidade espacial da textura de dois solos do Deserto Salino, no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 1, 2008.

MCBRATNEY, A. B.; MOORE, A. W. Application of fuzzy sets to climatic classification. **Agricultural and forest meteorology**, v. 35, n. 1-4, p. 165-185, 1985.

ODEH, I. O. A.; CHITTLEBOROUGH, D. J.; MCBRATNEY, A. B. Soil pattern recognition with fuzzy-c-means: application to classification and soil-landform interrelationships. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 2, p. 505-516, 1992.

# ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SMARTPHONES EM LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS COM FINS AGRÍCOLAS

## *Performance analysis of smartphones in planimetric surveys for agricultural purposes*

Tiago Gonçalves Lopes<sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>2</sup>, Luana Freitas Knierim<sup>3</sup>, Ricardo Froehlich<sup>4</sup>, Wagner Alexandre Silveira da Cruz<sup>5</sup>, Gessieli Possebom<sup>6</sup>, Dyeverson Murilo Lopes Pereira<sup>7</sup>, Rômulo Bock<sup>8</sup>, Mayara Torres Mendonça<sup>9</sup>, Henrique Eguilhor Rodrigues<sup>10</sup>, Sabrina Dalla Corte Bellochio<sup>11</sup>, Rafael Sobroza Becker<sup>12</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria - RS, Brasil, [tiagoglopes@yahoo.com](mailto:tiagoglopes@yahoo.com)

### RESUMO

O presente trabalho objetiva avaliar a acurácia e a precisão de dispositivos móveis equipados com sistema GNSS assistido (A-GNSS), como possível ferramenta alternativa para a realização de levantamentos planimétricos com finalidades agrícolas. Para isso, foram realizados experimentos através do método de posicionamento estático, avaliando três receptores: receptor GNSS código C/A de navegação, smartphone com plataforma Android e smartphone com plataforma iOS. Com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x8 (3 dispositivos x 8 vértices), com três repetições, totalizando 72 observações. Obtiveram-se resultados satisfatórios, alcançando precisões de até 2,32 m, e acurácia de 2,07 m, validando seu uso como ferramenta para coleta de dados planimétricos em diversas atividades agrícolas.

**Palavras-chave:** A-GNSS. Mobilidade. Agricultura.

### ABSTRACT

The present work aimed to evaluate accuracy and precision of mobile devices equipped with assisted GNSS system (A-GNSS), as a possible alternative tool for performing planimetric surveys with agricultural purposes. For this purpose, experiments were performed using the static positioning method, evaluating three receivers: GNSS code C/A navigation receiver, smartphone with Android platform and smartphone with iOS platform. A fully randomized 3x8 factor scheme (3 devices x 8 vertices) was used, with three repetitions, totaling 72 observations. Satisfactory results were obtained, reaching accuracies of up to 2,32 m, and accuracy of 2,07 m, validating its use as a tool for collecting planimetric data in various agricultural activities.

**Keywords:** A-GNSS. Mobility. Agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

A seleção do dispositivo adequado para o uso na coleta de dados geoespaciais é uma questão fundamental, e exige a compreensão de quais requisitos são necessários para atender as atribuições demandadas. Em outras palavras, devem-se observar: o que temos; o que precisamos e quais dispositivos estão disponíveis, atentando-se a uma lista de parâmetros que devem ser considerados no momento de sua escolha. Em geral, nenhum parâmetro único, por si só, é desejado. Almeja-se, habitualmente, que o dispositivo atenda a uma combinação de vários

parâmetros para esta seleção, como: acurácia, confiabilidade, integridade, eficiência de tempo, acessibilidade, facilidade de implementação, repetibilidade, atualização, compartilhamento de dados, entre outros (RAHMATIZADEH et al., 2018).

Em pequenas propriedades rurais, são comuns situações onde é possível realizar práticas de agricultura de precisão que não exigem alta acurácia, possibilitando o uso de dispositivos de baixo custo que ofereçam acurácia entre 1 e 3 metros (MACHADO, 2011; MOLIN et al., 2015). Todavia, esta abordagem não se limita apenas a coleta de geodados (latitude e longitude). Dispositivos móveis de baixo custo usualmente utilizados no dia-a-dia do agricultor, como smartphones, oferecem novas oportunidades para a geração de dados in-situ através de seus múltiplos sensores, pois permitem enriquecer as informações localizadas da propriedade através de fotos ou anotações, possibilitando até mesmo enviá-las instantaneamente a outros dispositivos ou servidores (MARX et al., 2016).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi suprir a carência de informações confiáveis na literatura, quanto a parâmetros como acurácia e repetibilidade de smartphones na obtenção de levantamentos planimétricos, analisando se estes adaptar-se-iam bem aos parâmetros levados em consideração para a escolha de dispositivos para esta finalidade, e se constituiriam uma nova ferramenta alternativa aos receptores GNSS de navegação, popularmente adotados para estas tarefas em pequenas propriedades rurais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no município de Alegrete - RS, em uma área localizada entre os limites do campus da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), cujas coordenadas geográficas são: Latitude 29°47'26" S e Longitude 55°46'1" W.

Ao longo da execução dos experimentos foram utilizados os seguintes equipamentos: receptores GNSS L1 e código C/A; smartphones equipados com plano de internet 3G e aplicativo Planimeter GPS Area Measure; diastímetro (trena); balizas e programas computacionais (GNSS Solutions, ProGriD, AutoCAD, Microsoft Office Excel e ASSISTAT).

Foram avaliados índices de acurácia e precisão dos seguintes receptores: receptor GNSS L1 geodésico com precisão horizontal 0,005 m + 1 ppm (receptor A - testemunha), receptor GNSS código C/A de navegação com precisão < 15 metros RMSm 95% (receptor B), smartphone com plataforma Android™ versão 5.0.2 Lollipop (receptor C) e smartphone com plataforma iOS versão 10.0.2 (receptor D). Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x8 (3 dispositivos x 8 vértices), com três repetições, totalizando 72 observações.

### 2.1 OBTENÇÃO DAS TESTEMUNHAS

Esta etapa do trabalho consistiu em materializar na área experimental, uma linha com oito (8) pontos espaçados constantemente entre si, objetivando inicialmente obter a posição planimétrica de cada um, através da determinação de suas coordenadas Leste (E) e Norte (N), para posteriormente determinar os índices de acurácia e precisão de cada receptor utilizado como tratamento, utilizando para isto a média geral de todos os pontos. Neste sentido, foi feito o reconhecimento da área experimental, buscando um local para locar a linha de pontos, de modo que a mesma fosse posicionada perpendicular a direção da estação RBMC Alegrete (RSAL),

usada como base para os levantamentos no pós-processamento dos pontos testemunha (Figura 1), obtendo desta maneira, vetores com comprimento regular, entre a base e os pontos.

Figura 1 – Croqui experimental da distribuição dos pontos visível no aplicativo Planimeter GPS Area Measure.



Para garantir o posicionamento linear e espaçamento constante entre os pontos, contou-se com o auxílio de balizas e trena (diastímetro) no momento da locação, distanciando aproximadamente 50 m um do outro. Para efeitos de comparação, a determinação das testemunhas foi realizada com o receptor A, podendo este alcançar precisão horizontal de  $0,005 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$ , no pós-processamento. Neste sentido, deve-se associar a este equipamento um método de posicionamento adequado, que proporcione também boa precisão e confiabilidade no levantamento. Logo, buscou-se na literatura pelo método que melhor se enquadrava com a precisão oferecida pelo receptor, optando pelo uso de “posicionamento relativo estático” com tempo de observação de vinte (20) minutos, oferecendo este, precisões entre 5 e 10 mm com equipamento L1 (IBGE, 2008). No posicionamento relativo, torna-se necessário utilizar como base para os levantamentos, um ou mais vértices de coordenadas conhecidas (referência), para que assim possam ser determinados os vértices de interesse (INCRA, 2013a). Logo, utilizou-se como base para o levantamento das testemunhas a estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo de Alegrete - RS.

O levantamentos dos pontos testemunha foi realizado ocupando cada um dos oito (8) pontos por 20 minutos ininterruptos. Repetiram-se os mesmos procedimentos para todos os pontos, nomeando-os conforme a sequência do levantamento. Ao final das coletas, os dados brutos armazenados no receptor foram importados para um computador, para posterior processamento. Para o pós-processamento dos dados brutos foi utilizado o software GNSS Solutions. Foi necessário para a realização desta atividade, obter os dados da estação de referência, ocupados na mesma data das coletas a campo. Estes foram concebidos acessando a página oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Na página são disponibilizados dois arquivos: relatório da estação e dados de observação. Necessitando realizar o download dos dois para o computador. Estes arquivos permitem comparar as posições coletadas simultaneamente entre a estação de monitoramento contínuo e as ocupações dos pontos coletados pelo receptor móvel. Desta forma, de posse dos arquivos da base RBMC e com os dados brutos importados do receptor A, fez-se o pós-processamento dos pontos testemunha,

calculando seus vetores de linha-base.

Após o pós-processamento das observáveis obtiveram-se finalmente as posições Leste e Norte de cada ponto testemunha (Tabela 1).

Tabela 1 – Visão geral de levantamento e processamento dos pontos.

Identificação do vetor	Satélites Visíveis	PDOP	Solução da Ambiguidade	Coordenadas (UTM)		Erro 95%
RSAL - P1	7	2,3	Fixo	E	619553,148	0,002
				N	6703168,938	0,002
RSAL - P2	8	3,1	Fixo	E	619506,132	0,002
				N	6703150,692	0,002
RSAL - P3	8	2,1	Fixo	E	619459,189	0,002
				N	6703132,360	0,002
RSAL - P4	8	2,0	Fixo	E	619412,317	0,002
				N	6703114,057	0,002
RSAL - P5	8	1,8	Fixo	E	619365,315	0,002
				N	6703095,694	0,002
RSAL - P6	7	2,2	Fixo	E	619318,257	0,002
				N	6703077,357	0,002
RSAL - P7	6	3,1	Fixo	E	619270,989	0,002
				N	6703058,811	0,002
RSAL - P8	8	2,4	Fixo	E	619223,430	0,002
				N	6703040,089	0,002

## 2.2 LEVANTAMENTOS COM RECEPTORES GNSS E A-GNSS

Para dar início aos levantamentos com os demais receptores, inicialmente foram realizadas as configurações básicas dos dispositivos, de modo a garantir a comparabilidade das observáveis, ou mesmo, facilitar suas conversões nas etapas consequentes do trabalho. A metodologia escolhida para realizar os levantamentos dos pontos com os receptores B, C e D, foi a de posicionamento por ponto simples, conhecida também como posicionamento absoluto. Neste tipo de levantamento a posição é determinada instantaneamente e em tempo real, sobre o ponto de interesse. Contudo, neste trabalho foi realizada a ocupação de cada ponto, permanecendo sobre o mesmo durante um intervalo de dois (2) minutos, fazendo manualmente o registro na memória de cada dispositivo, somente após decorrido este tempo.

Arbitrou-se este intervalo com o intuito de promover melhor estabilidade na aquisição da localização, pois observa-se que após alguns segundos de rastreamento, o marcador estabiliza sua posição na tela dos dispositivos, evidenciando assim um cenário de possível melhoria de qualidade nas coordenadas resultantes. Estabelecidos estes conceitos, pôde-se então dirigir-se às coletas, utilizando para isso uma estrutura com adaptações, em relação a estrutura usada na obtenção das testemunhas, utilizando como apoio para os levantamentos, um bipé para bastão e um suporte de campo, utilizado como base para a ocupação dos receptores sobre os pontos. Seguindo esta mesma metodologia para as observações com os três receptores (B, C e D), foi feito o levantamento de todos os pontos em um único dia, realizando mais dois ciclos de coletas, de modo a satisfazer as três (3) repetições. Os dados brutos armazenados na memória interna de

cada receptor foram importados para um computador, para posterior processamento.

### 2.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Nesta etapa, os dados brutos foram tratados de modo a obter coordenadas finais no sistema métrico, na projeção Universal Transverso de Mercator (UTM). Para isso, fez-se a conversão em massa das coordenadas brutas, passando-as do tipo geográfico (grau decimal) para UTM (metro), utilizando para este fim o software ProGrid, disponível para download na página oficial do IBGE. As novas coordenadas contidas no arquivo gerado pela conversão, foram copiadas para uma planilha no software Microsoft Office Excel, e submetidas posteriormente às formulações propostas nas avaliações. Neste contexto, para compor as avaliações, foram calculados índices de acurácia e precisão, conforme modelos matemáticos propostos em INCRA (2013b), e por Cappelli et al. (2006), em um estudo analisando o desempenho comparativo entre receptores GNSS operando em modo estático, da equação 1 a 9 descritas abaixo.

As coordenadas médias serão calculadas através das equações 1 e 2.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (2)$$

em que:

$\bar{X}, \bar{Y}$  = médias dos valores Leste e Norte das coordenadas [m];

$X_i, Y_i$  = i-ésimas medições dos valores Leste e Norte das coordenadas [m];

$n$  = número total de medições.

Os índices de acurácia de posicionamento para as coordenadas Leste e Norte, isoladas, e o erro radial serão estimados através das equações 3, 4 e 5.

$$x = X_i - \bar{X} \quad (3)$$

$$y = Y_i - \bar{Y} \quad (4)$$

$$ER = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (5)$$

em que:

$x, y$  = diferença entre as i-ésimas medições das coordenadas Leste e Norte e suas coordenadas médias;

$ER$  = Erro radial de posicionamento [m].

A combinação dos índices de acurácia em um único índice é que definirá a acurácia em si, e será estimada através da equação 6.

$$IA = \sqrt{(X_r - \bar{X})^2 + (Y_r - \bar{Y})^2} \quad (6)$$

em que:

$IA$  = índice de acurácia [m];

$X_r$  e  $Y_r$  = coordenadas Leste e Norte obtidas no georreferenciamento dos pontos.

Para quantificar a precisão da distribuição dos pontos levantados, foi utilizado como parâmetro o cálculo da precisão posicional. Para isso, previamente foram calculados os desvios padrão dos valores medidos a Leste e Norte nos pares ordenados, através das equações 7 e 8.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (7)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

em que:

$\sigma_x$  e  $\sigma_y$  = desvios padrão lineares das coordenadas Leste e Norte [m].

A precisão posicional é estabelecida como padrão de precisão na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (2013), sendo esta calculada em função de  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ , como mostra a equação 9.

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (9)$$

em que:

$\sigma_p$  = precisão posicional [m].

Os valores de índice de acurácia (IA) e precisão posicional ( $\sigma_p$ ) foram tomados como parâmetro indicativo de acurácia e precisão neste trabalho. Logo, seus valores foram submetidos a análise da variância (ANOVA) e suas médias comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o software estatístico ASSISTAT®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativas de acurácia relacionam-se a quão bem as posições observadas em um ponto aderem ao seu valor real, devendo para sua determinação, comparar o ponto desejado, coletado com receptor móvel, com uma coordenada real deste mesmo ponto, amarrada a um sistema geodésico de referência, como por exemplo, estações da RBMC. Nessas condições, fez-se necessário utilizar esta metodologia, a fim de dar confiabilidade aos dados gerados neste trabalho.

Os valores calculados para o índice de acurácia (IA), foram submetidos a análise da variância, e de acordo com o teste F, foram encontradas diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, entre os receptores, com  $F=3,9$ . Logo, para avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, conforme a Tabela 2.

Observa-se que o receptor B teve o melhor desempenho entre os demais, apresentando índice de acurácia médio de 1,32 m, com valores variando numa faixa entre 0,36 e 2,08 m. Sua média diferiu significativamente à do receptor C. Apresentando este, por sua vez, índice de acurácia igual a 2,33 m, variando seus valores entre 1,58 e 3,33 m. Para o receptor D, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos, atingindo este, um valor de 2,07 m de índice de acurácia, ficando seus valores em um faixa entre 0,09 e 3,45 m.



Tabela 2 – Médias de índice de acurácia para a interação entre receptores.

Receptor	Índices de acurácia								Médias	
	Ponto									
	1	2	3	4	5	6	7	8		
B	1,61	0,36	2,08	1,03	1,74	0,46	1,45	1,84	1,32	b*
C	2,46	1,58	2,71	2,28	3,33	1,72	2,53	2,02	2,33	a
D	1,61	2,65	2,51	2,14	2,24	0,09	3,45	1,85	2,07	ab
CV	39,30%									

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

Dados similares foram encontrados por Cappelli (2006), ao realizar uma comparação entre receptores GPS operando com e sem correção diferencial. Obtendo índice de acurácia médio de 1,83; 2,62 e 3,7 m, nos três (3) receptores avaliados sem correção diferencial. Tonello (2011), em um estudo comparativo entre receptores GPS de navegação, obteve índice de acurácia médio de 4,12; 4,16 e 7,04 m, ao fazer o levantamento de oito (8) pontos, também sem correção diferencial. Evidenciando assim, como bons os resultados alcançados para índice de acurácia neste trabalho.

Índices de acurácia, a nível dos encontrados neste trabalho, viabilizam seu uso em aplicações de coleta de amostras georreferenciadas de solo para a elaboração de mapas de fertilidade, onde recomenda-se acurácia de 3 m, conforme normalização da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS RS/SC (2004).

Antuniassi et al. (2007) confirmam, relatando que índices entre 5 e 10 m já seriam suficientes para realizar mapeamento da fertilidade do solo, e ainda, para outras atividades, como mapeamento da produtividade da cultura, quando utiliza-se o instrumento na colhedora. Fato este, também confirmado por Machado (2011), que relata a viabilidade de utilização de receptores de navegação avaliados cinematicamente, podendo assim serem utilizados para o monitoramento de produtividade, e também para determinadas atividades de aplicação, ou outras atividades que requerem precisão entre 1 e 3 m.

Quanto ao parâmetro precisão posicional ( $\sigma_p$ ) em uma dispersão de coordenadas, não necessariamente obtém-se um valor absoluto, mas sim, um limite ao qual espera-se que uma porcentagem de dados coletados não seja excedida. Reporta-se mais especificamente, ao limite onde 68,27% de todos os erros em uma distribuição circular ocorrem. Coincidindo este com o valor de um desvio padrão ( $1\sigma$ ).

Neste sentido, os valores calculados para a precisão posicional foram submetidos a análise da variância, e de acordo com o teste F, foram encontradas diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre os receptores, com  $F=8,89$ . Logo, para avaliar a magnitude destas diferenças foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, conforme mostra a Tabela 3.

Ao observar o comportamento das médias na tabela, nota-se que o receptor C teve o desempenho de menor expressão, apresentando precisão posicional média de 3,34 m, variando seus valores entre 2,08 e 4,69 m. Sua média diferiu estatisticamente à do receptor B. Apresentando este, precisão posicional de 1,63 m, variando seus valores entre 1,07 e 2,64 m. Para o receptor B, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos, atingindo este, precisão posicional de 2,32 m, variando seus valores numa faixa entre 0,79 e 3,93 m.

Tabela 3 – Médias de precisão posicional para a interação entre receptores.

Precisão posicional (m)										
Receptor	Ponto								Médias	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
B	1,07	2,07	1,35	1,29	1,91	1,19	1,57	2,64	1,63	b*
C	2,35	2,08	3,72	3,87	3,36	4,11	4,69	2,55	3,34	a
D	2,14	3,07	2,35	2,45	0,79	1,92	3,93	1,86	2,32	ab
CV	33,54%									

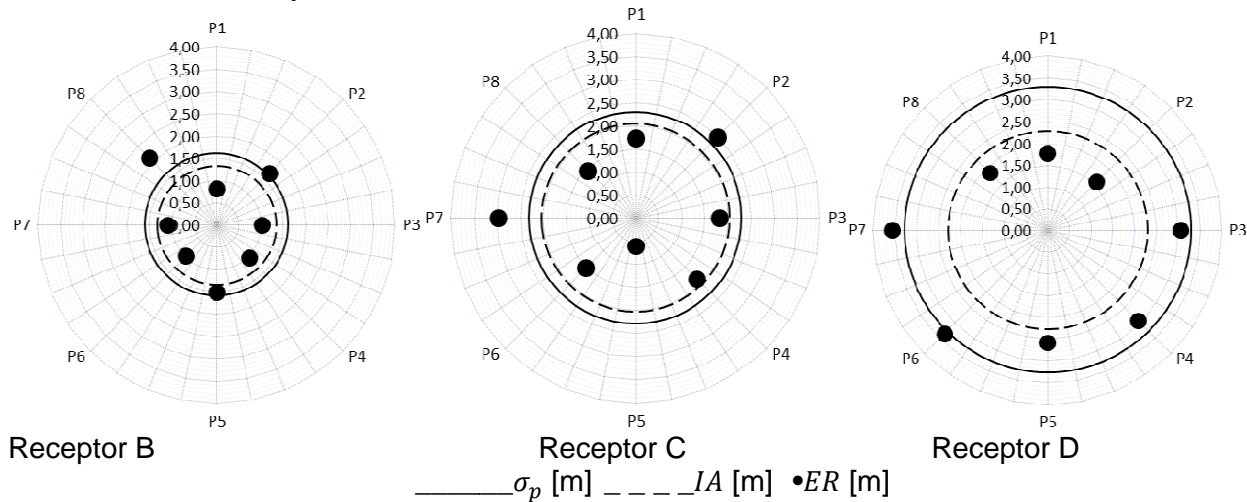
\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

Cappelli (2006), ao calcular índices de precisão circular a 39,35% e 50%, obteve, respectivamente, erros médios de 2,11 e 2,48 m, para estas probabilidades, revelando proximidade com os valores encontrados no presente trabalho, tendo em vista que o percentual de pontos que abrangem os erros encontrados é maior (68,27%). Shiratsuchi (2004), ao comparar dois receptores de navegação, obteve erros médios de 3,3 e 3,6 m para precisão circular a 50%. Ao nível de exigência da CQFS RS/SC (2004), alguns dos receptores citados neste trabalho, não atenderiam aos parâmetros exigidos para a atividade de elaboração de mapas de fertilidade, visto que, recomendam-se no mínimo 3 m de precisão.

Contudo, Shiratsuchi (2004), relaciona a viabilidade do uso para esta atividade, levando em consideração o tamanho da grade amostral, sugerindo não utilizar tamanho de grade menor que o maior erro obtido pelo receptor. O mesmo faz ainda considerações importantes sobre procedimentos benéficos a serem levados em consideração, quando trabalha-se com coleta de pontos isolados, como por exemplo, permanecer estacionado por um certo período de tempo sobre o ponto de interesse, afim de evitar erros por multicaminhamento, bem como, realizar a gravação de mais de um dado nessas condições. Precauções estas, adotadas no desenvolver do presente trabalho.

Na Figura 2 é realizada a síntese dos principais dados gerados nos experimentos de acurácia e precisão deste trabalho. Onde têm-se ilustrado de forma polar, o posicionamento dos pontos de coleta, bem como, o desempenho de cada receptor quanto ao parâmetro estudado, ficando evidente os bons resultados, respectivamente, para o receptor B, seguido por D e posteriormente C. Onde observa-se claramente em B, a aderência entre a dispersão dos pontos (ER) com o comportamento do raio de precisão ( $\sigma_p$ ), comportando-se estes, de maneira diretamente proporcional.

Figura 2 – Erro radial médio de posicionamento ( $ER$ ) e índices médios de acurácia ( $IA$ ) e precisão posicional ( $\sigma_p$ ), para os oito pontos de avaliação ( $P_n$ ).



#### 4 CONCLUSÃO

Valida-se o uso de smartphones como técnica de coleta de dados planimétricos em atividades agrícolas, sendo possível realizar levantamentos mantendo o mesmo padrão de erro radial ao observar distintos números de pontos, e em distintos horários, sem perder qualidade no posicionamento dentro de um determinado nível de erro. Podendo utilizar ambos os dispositivos móveis estudados, para coletas de dados planimétricos, com revisitas dos pontos, que demandem acurácia e precisão de até 3 a 4 metros. Não havendo distinção estatística quanto ao uso de dispositivos com distintas plataformas (Android e iOS).

#### REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. **Agricultura de precisão**. In: Eleusio C. Freire. (Org.). Algodão no Cerrado do Brasil. 1ed. Brasília/DF: ABRAPA, 2007, v. 1, p. 889-918.

CAPELLI, N.L.; UMEZU, C.K.; SILVEIRA, A.C. da; GARCIA, A.P. Desempenho comparativo entre receptores GPS. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v.8, n.1, p.63-77, 2006.

CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, RS, 2004. 400 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS**. Abril, 2008. 35 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1ª ed, 37 p. Brasília, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Norma Técnica Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 3ª ed, 4 p. Brasília, 2013.

MACHADO, T.M. Ensaios estáticos e cinemáticos de receptores GPS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.15, n.9, p.981-98. 2011.

MARX, S.; HAMMERLE, M.; KLONNER, C.; HOFLE, B. 3D Participatory Sensing with Low-Cost Mobile Devices for Crop Height Assessment – A Comparison with Terrestrial Laser Scanning Data. **PLoS ONE**. United States, 22p. 2016.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.238. 2015.

TONELLO, M. S.; BORTOLUZZI, E. C. Viabilidade técnica do uso de receptores gps de navegação para fins de amostragem sistemática de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p.351-357. 2011

RAHMATIZADEH, S.; RAJABIFARD, A.; KALANTARI, M.; HO, SERENE. A framework for selecting a fit-for-purpose data collection method in land administration. **Land Use Policy**. Melbourne: Elsevier, p.162-171. 2018.

## AGRICULTURA DE PRECISÃO NA PÓS-COLHEITA: QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS ARMAZENADOS A BAIXAS TEMPERATURAS

*Post harvest precision agriculture: Technological quality of grains under  
low temperatures storage*

Marília Boff de Oliveira<sup>1</sup>, Sabrina Dalla Corte Bellochio<sup>1</sup>, Paulo Carteri Coradi<sup>1</sup>, Marcus  
Vinícius Tres<sup>1</sup>, Giovani Leone Zobot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Av.  
Roraima, 1000, CEP 97105 900, Santa Maria – RS, Brasil, [marilia.boffdeoliveira@gmail.com](mailto:marilia.boffdeoliveira@gmail.com);  
[bellochiosabrinad@hotmail.com](mailto:bellochiosabrinad@hotmail.com); [paulocoradi@yahoo.com.br](mailto:paulocoradi@yahoo.com.br); [marcus.tres@ufsm.br](mailto:marcus.tres@ufsm.br);  
[giovani.zobot@ufsm.br](mailto:giovani.zobot@ufsm.br)

### RESUMO

A tecnologia de resfriamento aplicada na pós-colheita visa manter a qualidade dos grãos com o emprego de baixas temperaturas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade química dos grãos de soja armazenados sob resfriamento artificial e armazenados em temperatura ambiente, nos períodos de 0, 30 e 60 dias. As amostras foram coletadas na Cotrirel, Rio Pardo/RS na safra 2017/2018. Os testes laboratoriais das amostras foram realizados na UFSM e os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao Teste de Tukey a 5%. Os resultados demonstram que em temperatura de armazenamento ambiente há redução no teor de lipídios e aumento da condutividade elétrica dos grãos. Conclui-se que o uso do sistema de resfriamento da massa de grãos é eficiente na preservação da qualidade tecnológica do produto armazenado.

**Palavras-chave** Resfriamento. Soja.

### ABSTRACT

The cooling technology applied in post-harvest aims to maintain the grains quality with low temperatures. Thus, the objective of this study was to evaluate the chemical quality of soybeans under artificial cooling and stored at room temperature, in the periods of 0, 30 and 60 days. The samples were collected at Cotrirel, Rio Pardo / RS in the 2017/2018 crop. The laboratory tests of the samples were performed at UFSM and the results were submitted to analysis of variance and 5% Tukey test. The results showed that at room storage temperature there is a reduction in the lipid content and an increase in the electrical conductivity of the grains. It can be concluded that the cooling system use is efficient in preserving the technological quality of the stored product.

**Keywords:** Cooling. Soybeans.

### 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira tem ganho destaque por sua alta produtividade. Para suprir a demanda atual de por alimento, novas tecnologias vem surgindo no contexto agrícola a fim de auxiliar os produtores a aperfeiçoarem o trabalho a campo, diante disto, o termo “agricultura de precisão” vem ganhando espaço no setor. Brasil (2013) define a agricultura

de precisão como sendo um conjunto de ferramentas tecnológicas utilizadas no gerenciamento agrícola baseada na variabilidade espacial e temporal da unidade de produção, visando aumentar a rentabilidade econômica e minimizar os impactos ambientais causados pela atividade agrícola.

Atualmente, a soja é a cultura mais produzida no Brasil, o qual detém a segunda posição mundial na produção desta *commodity*, sendo um mercado em plena expansão em produção, econômica e tecnológica. A soja é a cultura anual com maior produção de proteína no mundo, além disso, apresenta baixo custo de produção e se desenvolve em curto espaço de tempo (PÍPOLO et al., 2015). Segundo os mesmos autores, este fato se dá pelas características da composição química do grão, aliadas à sua rusticidade e ao seu potencial produtivo.

Quanto a composição química dos grãos de soja, o alto teor de proteína e de óleo, quando comparados a outras fontes de proteína vegetal, faz com que a soja seja utilizada tanto na alimentação humana como animal. Assim, a composição da soja, aliada a aminoácidos essenciais, atende aos requerimentos nutricionais para a alimentação de suínos e de aves o que contribuiu para o crescimento da demanda de farelo de soja (WILSON, 2004).

Visando manter a qualidade do grão após sua colheita até sua comercialização, o produto é submetido ao processo de armazenamento. Desta forma, o conceito de agricultura de precisão também pode ser aplicado à pós colheita, onde existe um conjunto de técnicas que possibilitam o gerenciamento da unidade armazenadora, com maior precisão das máquinas e do manejo da massa de grãos. Como exemplo, é possível citar o sistema de secagem de grãos e a termometria, os quais possuem sensores que monitoram a temperatura, entre outros fatores, que permitem a geração de relatórios e gráficos que auxiliam na tomada de decisão de forma mais rápida e eficaz.

Entretanto, medidas de controle adotadas no monitoramento da temperatura do ar de armazenamento, temperatura e umidade dos grãos, tornam-se fundamentais para a manutenção da qualidade da massa de grãos colhida (ALENCAR et al., 2009). A temperatura demonstra-se como um dos principais fatores que interferem na qualidade dos grãos armazenados (PARK et al., 2012; QUIRINO et al., 2013; ZIEGLER et al., 2016). Assim, a adoção da tecnologia de resfriamento artificial no armazenamento de grãos vem ganhando destaque.

O sistema de resfriamento de grãos pode ser móvel ou estático, sendo que esta técnica consiste em insuflar ar refrigerado nos silos armazenadores, por meio do uso do sistema de aeração (PARAGINSKI et al., 2015). A regulação do equipamento é automática, prevista por um sistema computadorizado que registra as variáveis climáticas externas e regula o ar com base nos parâmetros de umidade e temperatura requeridos pelo grão a ser resfriado. O ar tratado é insuflado no silo através dos tubos de ventilação pré-instalados, desprezando o calor até que seja expelido pelas aberturas de ventilação. O equipamento permite a redução da temperatura de forma rápida e constante, independente das condições climáticas.

Os estudos de armazenamento refrigerado em grãos de feijão, arroz, milho e soja, realizados por autores como Brackmann et al., 2002; Rigueira et al., 2009; Oliveira et al., 2011, Park et al., 2012, Quirino et al., 2013 e Coradi et al., 2015 mostraram resultados positivos na conservação das características físico-químicas dos produtos. A baixa temperatura reduz a velocidade das reações bioquímicas e metabólicas dos grãos (Aguar et al., 2012), o que possibilita que as características iniciais de armazenagem sejam mantidas por períodos superiores. Além disso, as baixas temperaturas inibem da proliferação de insetos (ZIEGLER et al., 2016).

Considerando que são empregadas diversas tecnologias de monitoramento da massa de grãos e controle da temperatura de armazenagem e o crescimento da utilização de armazenamento de grãos em atmosfera controlada e visando a redução das perdas qualitativas

dos grãos, objetivou-se neste estudo, avaliar a qualidade química dos grãos de soja armazenados por meio de resfriamento artificial à baixa temperatura e armazenados em temperatura ambiente, em unidade comercial, nos períodos de 0, 30 e 60 dias.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL

O estudo foi realizado na safra 2017/2018, sendo dividido em duas etapas. A primeira etapa do experimento foi realizada em escala real na cooperativa Cotriel, unidade de Capão do Valo, Rio Pardo/RS. Os grãos passaram pelo processo de secagem até atingir umidade de 12,8% b.u.

A segunda parte do experimento foi realizada em escala laboratorial na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os grãos de soja foram submetidos ao processo de secagem na temperatura de 45 ° C em secador experimental de bandejas com aquecimento por lâmpadas e ventilação forçada, até os grãos atingirem teores de água de 12% (b.u.). O fluxo de ar do secador é proporcionado por um ventilador axial que conduz o ar até o plenum, onde flui através das bandejas de fundo telado e removível. A velocidade do ar de secagem na câmara foi regulada com um anemômetro de fio quente a 2,7 m s<sup>-1</sup>. A umidade relativa e a temperatura do ar ambiente foram monitoradas por um higrômetro digital.

#### 3.2 ARMAZENAMENTO

O armazenamento em temperatura ambiente foi realizado na unidade Cotriel por meio do uso de silos metálicos com capacidade de 20 mil sacas, dotados de sistema de termometria e de aeração. Os grãos de soja foram armazenados após o processo de secagem, mantendo-se a temperatura em torno de 25 °C.

O armazenamento por meio de resfriamento artificial à baixa temperatura ocorreu em escala laboratorial. Assim, após a secagem, as amostras dos grãos de soja foram submetidas a armazenagem em câmaras frias. As condições de temperatura foram controladas para 10 e para 20 °C.

Em ambos os métodos de armazenamento, foram realizadas avaliações da qualidade química dos grãos nos períodos de armazenamento 0, 30 e 60 dias.

#### 3.3 DELINEAMENTO

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, fatorial (2x3), sendo duas condições de armazenamento e três tempos de armazenamento.

#### 3.4 DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O teste de condutividade elétrica foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Vieira & Krzyzanowski (1999), utilizando quatro repetições de cinquenta grãos, para cada repetição de cada tratamento.

Os grãos foram pesados e colocados em copos plásticos (200 mL), em seguida adicionou-se 75 mL de água deionizada em cada recipiente. Os copos foram colocados em um germinador,

previamente regulado a 25 °C, durante 24 horas. Decorrido esse período, os recipientes foram retirados e suavemente agitados.

Para a realização dos testes foi utilizado o medidor de condutividade elétrica AK51 com calibração automática e compensação automática da temperatura. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

### 3.5 DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA

Para determinação da porcentagem de matéria seca (MS) das amostras dos grãos de soja, elas foram previamente moídas a granulometria de um milímetro. Após este processo, as amostras foram colocadas em estufa de secagem a 105 °C durante oito horas (AOAC, 1984). Pela diferença de peso inicial e final calculou-se a porcentagem de matéria seca da amostra.

### 3.6 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA BRUTA

O teor de proteína foi determinado pelo método Kjeldahl (Método 984.13; AOAC, 1997), no qual foi determinado o teor de nitrogênio (N) da amostra. Utilizou-se 0,20 g de amostra, colocada em um bloco digestor juntamente com o catalizador e o ácido sulfúrico a uma temperatura de 300 °C. Após a digestão, foi adicionado 10 mL de água destilada e 5 mL de borato de amônia para a realização da destilação. Ao término deste processo, realizou-se a titulação com ácido clorídrico. O processo foi repetido duas vezes para cada amostra. Para conversão dos valores de N em proteína bruta (PB) foi utilizado o fator de correção de 6,25, conforme equação:

$$PB = \frac{V_1 \times 0,4 \times F \times 6,25}{P}$$

Em que: PB- proteína bruta (%);  $V_1$  – volume titulado (mL); 0,4 – equivalente à grama do nitrogênio; F – fator de correção da solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N; P – massa da amostra (g); 6,25 - fator de transformação do nitrogênio em proteína considerando 16% de nitrogênio ( $100/16 = 6,25$ ).

### 3.7 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIPÍDIOS

A determinação dos teores de lipídios (extrato etéreo - EE) foi determinada pelo Método Am5-04 da AOCS (2005), com uso de equipamento ANKOM XT15 e sacos de filtro ANKOM XT4. Foi utilizado éter de petróleo como solvente, adotando-se temperatura de 90 °C, por um período de 60 minutos de extração. Após o período de extração, colocou-se o copo em estufa até que o solvente evaporasse. Foi calculado conforme a equação:

$$EE = \left( \frac{P_1 - P_2}{P} \right) 100$$

Em que: EE – extrato etéreo (%);  $P_1$  – peso do recipiente + resíduo (g);  $P_2$  – peso do recipiente vazio (g); P – massa da amostra (g).

### 3.8 ANALISE ESTATÍSTICA

Para avaliação dos resultados foram feitas análises de variância e testes de médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo de avaliação de temperatura de armazenamento utilizando a tecnologia de atmosfera controlada apresentou resultados relevantes sobre a importância da tecnologia de resfriamento de grãos. Na avaliação de armazenamento de grãos de soja nas temperaturas de 10 e 20 °C sob resfriamento e de 25 °C em condições de temperatura ambiente, durante 60 dias, percebe-se que alguns parâmetros avaliados como a condutividade elétrica e o teor de lipídios foram mais afetados pelo período e temperatura de armazenamento do que o teor de massa seca, conforme os dados apresentados na Tabela 1.

Não houve mudança significativa no teor de matéria seca do produto armazenado, conforme os dados apresentados na Figura 1. Desta forma, é possível relacionar este resultado com o processo de secagem, o qual diminuindo o teor de umidade do grãos, promove a diminuição do consumo de matéria seca através da menor taxa de respiração da massa de grãos, preservando a quantidade de produto colhida (SULZBACHER et al., 2010).

Tabela 3 - Avaliação de teor de massa seca (MS), proteína bruta (PB), lipídios e condutividade elétrica (CE) de grãos de soja armazenados em temperaturas de 10, 20 e 25 °C por um período de 0, 30 e 60 dias.

Temperatura	Dias	MS (g)	PB (%)	Lipídios (%)	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )
10 °C	0	88,33 Aa	38,25 Aa	23,37 Aa	87,93 CBa
	30	88,91 Aa	39,07 Aab	23,01 Ab	89,44 Ca
	60	89,41 Aa	38,88 Aa	23,34 Ab	94,92 Aa
20 °C	0	88,31 Aa	38,23 Aa	23,52 Ba	94,92 Ab
	30	88,90 Aa	39 Aab	22,75 Bab	93,47 Aa
	60	89,10 Aa	39,33 Aa	20,47 Aa	96,96 Ba
25 °C	0	87,55 Aa	40,25 Bb	22,82 Aa	96,43 Ab
	30	88,62 Aa	38,10 Aa	21,61 Aa	100, 23 Bb
	60	89,18 Aa	41,46 Bb	21,68 Aa	116, 73 Cb

Legenda: Teste de Tukey 5%. Letra maiúscula comparação entre tempo de armazenamento. Letra minúscula comparação entre temperatura de armazenamento.

Na avaliação do teor de proteína bruta, das três temperaturas avaliadas, apenas na temperatura de 25 °C, referente a condição de armazenamento à temperatura ambiente, houve alteração significativa durante o período de armazenamento. Neste caso, houve um decréscimo no teor de proteína aos 30 dias de armazenamento e aumento significativo no valor percentual de proteína bruta no período de 60 dias. No armazenamento sob resfriamento, nas temperaturas de 10 e 20 °C, os maiores teores de proteína foram apresentados aos 30 e 60 dias de armazenamento (Figura 2).

Figura 1 - Teor de massa seca em grãos de soja armazenados nas temperaturas de 10 °C, 20 °C e 25 °C durante os períodos de 0, 30 e 60 dias de armazenamento.

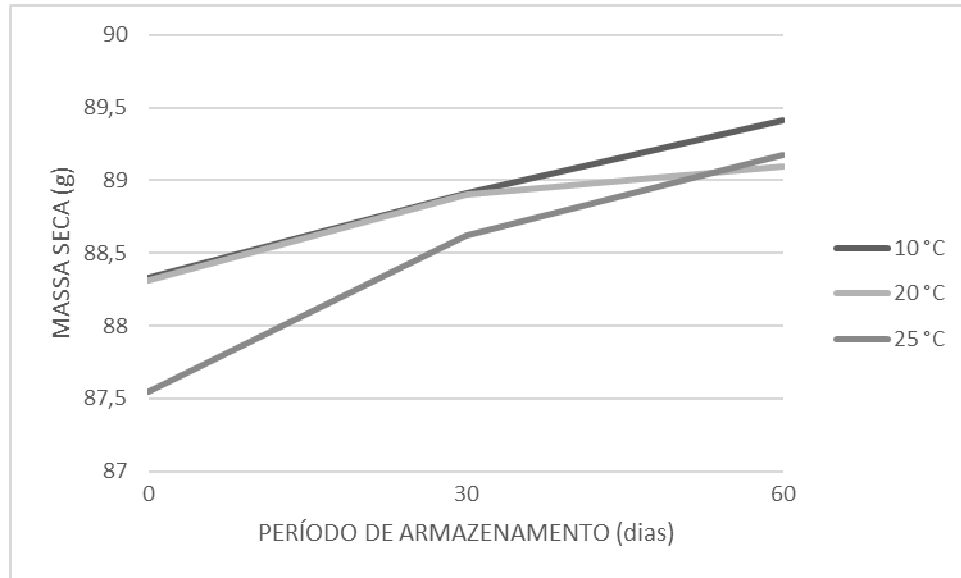
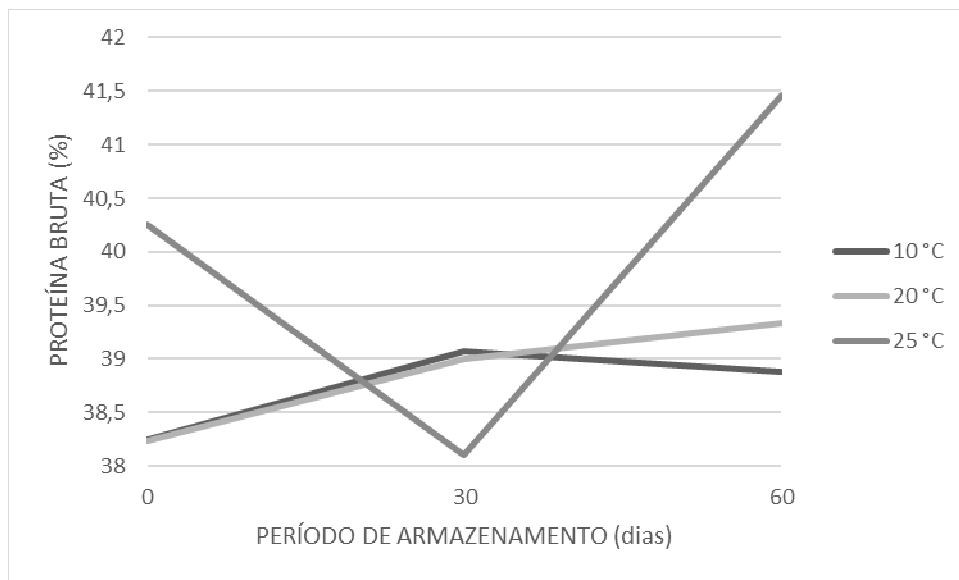


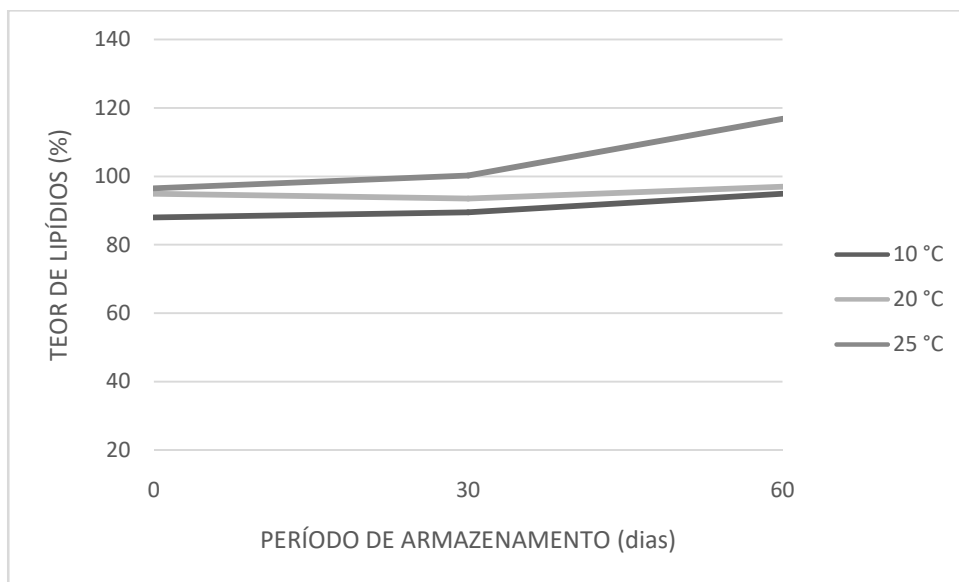
Figura 2 - Teor de proteína bruta em grãos de soja armazenados nas temperaturas de 10 °C, 20 °C e 25 °C durante os períodos de 0, 30 e 60 dias de armazenamento.



No armazenamento sob refrigeração, na temperatura de 10 °C, foram encontrados os teores de lipídios mais elevados, os quais mantiveram-se mais estáveis durante todo o processo de armazenamento. A 25 °C houve uma pequena redução no teor de lipídios nos primeiros 30 dias de armazenamento, mantendo-se estável até os 60 dias, enquanto que em armazenamento a 20 °C, a redução do teor de lipídios foi evidente ao decorrer do armazenamento (Figura 3). É possível notar que em alguns tratamentos, os teores de proteína são inversamente proporcionais aos teores de lipídios. Este fato ocorre em função da correlação negativa apresentada entre a concentração de proteína e de óleo, definidos por fatores genéticos e fenotípicos da cultura

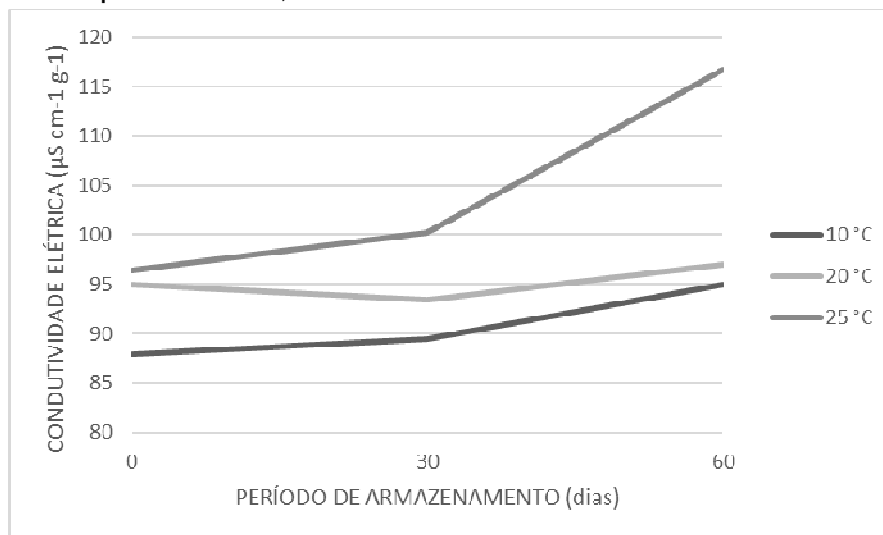
(WILCOX; CAVINS, 1995; WILCOX, 1998; COBER; VOLDENG, 2000).

Figura 3 - Teor de lipídios em grãos de soja armazenados nas temperaturas de 10 °C, 20 °C e 25 °C durante os períodos de 0, 30 e 60 dias de armazenamento.



Quanto a avaliação da condutividade elétrica dos grãos, esta apresentou valores superiores no armazenamento em unidade comercial, à temperatura de 25 °C. Este fator explicitou valores crescentes ao longo do tempo de armazenamento, em todos os tratamentos (Figura 4).

Figura 4 – condutividade elétrica em grãos de soja armazenados nas temperaturas de 10 °C, 20 °C e 25 °C durante os períodos de 0, 30 e 60 dias de armazenamento.



O teste de condutividade elétrica se constitui em um método rápido e eficiente de determinação do potencial fisiológico, visando avaliar a intensidade dos danos causados às membranas celulares resultantes do processo de deterioração do grão (TORRES, et al. 2015).

Desta forma, quanto maior a condutividade elétrica do grão, maior são os danos físicos causados durante o armazenamento.

O aumento da condutividade elétrica e a redução no teor de lipídios em função do aumento da temperatura, demonstram que o tempo de armazenamento prolongado, em temperatura de 25 °C, conduz a alterações nos parâmetros químicos e tecnológicos dos grãos. Entretanto, a preservação dos parâmetros de acidez do óleo e do peso de mil grãos são mais dependentes da umidade enquanto que a incidência de pragas, a solubilidade da proteína, a entalpia, os níveis de carotenoides e os parâmetros de preservação da cor são preservados pela redução da temperatura (ZIEGLER et al., 2016).

Em estudo com armazenamento em diferentes temperaturas, Paraginski et al. (2015) avaliaram, entre outros, a germinação, a condutividade elétrica e o perfil de ácidos graxos dos grãos de milho. O trabalho destes autores indica que as alterações mais significativas das características avaliadas foram observadas nos grãos armazenados a 25 e a 35 °C. Coradi, et al. 2015 observaram que a condição de armazenamento com resfriamento artificial de 10 °C mantém a qualidade química dos grãos de milho ao longo de seis meses de armazenamento, ao passo que esta qualidade foi reduzida no armazenamento com temperatura de 23 °C. Assim, os estudos indicam que o tempo de armazenamento seguro dos grãos é menor à temperatura ambiente, quando comparado ao armazenamento refrigerado, o qual proporciona temperaturas mais baixas, dados estes que corroboram com o resultado apresentado no presente trabalho.

Além da preservação da qualidade dos grãos, o estudo de Quirino et al. (2013) demonstrou que o milho armazenado sob refrigeração obteve redução na percentagem de grãos infestados e na população de insetos-praga na massa do produto. Ainda segundo os autores, este fato ocorre devido ao resfriamento artificial promover a redução da temperatura da massa de grãos, independentemente das condições de temperatura e umidade do ar externo. Quanto a soja em armazenamento com alta umidade, por um curto período, o resfriamento da massa de grãos também é efetivo no controle de infestações por insetos, na preservação nutricional e das propriedades tecnológicas dos grãos tanto para a alimentação como para o uso como biodiesel (ZIEGLER et al., 2016).

## **5 CONCLUSÃO**

Pensando em agricultura de precisão com o foco de gerar maior lucratividade do negócio, é possível concluir que a tecnologia de resfriamento da massa de grãos é eficiente na preservação da qualidade química do produto, enquanto que em temperatura de armazenamento ambiente há redução no teor de lipídios e aumento da condutividade elétrica dos grãos.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. W. S. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e microflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.554-560, 2012.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606–613, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis. 14. ed. Washington D.C.1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis, 16th, 3. ed. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD. 1997.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). Oficial Procedure, Approved Procedure Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction, Urbana, IL, 2005.
- BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v.32, p.911-915, 2002.
- BRASIL. Agricultura de precisão. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2013. 40 p. Disponível em: <chrome-extension://oemmdcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/boletim-tecnico-agricultura-de-precisao-2013.pdf>. Acesso em: 15 set. 19.
- COBER, E.R.; VOLDENG, H.D. Developing high-pro-tein, high-yield soybean population and lines. *Crop Science*, v.40, p.39-42, 2000.
- CORADI, P. C. et al. Qualidade de grãos de milho após secagem e armazenamento em ambiente natural e resfriamento artificial. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.3, p. 420-432, 2015.
- OLIVEIRA, V. R. de. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, v.41, p.746-752, 2011.
- PARAGINSKI, R. T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.358-363, 2015.
- PARK, C. E. et al. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. *Journal of Stored Products Research*, v.48, p.25-29, 2012.
- PÍPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. **Comunicado Técnico**, n. 86, 2015.

QUIRINO, J. R. et al. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Revista Bragantia, Campinas**, v. 72, n. 4, p.378-386, 2013.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, v.20, p.649-655, 2009.

SULZBACHER, A. L.; VILLELA, F. A.; GOLTZ, V. Procedimentos operacionais na secagem com alta temperatura. **Seed News**, ed. XIV, v. 6, 2010.

TORRES, S. B. et al. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p.622-629, 2015.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. 1999. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI F. C.; VIEIRA R. D.; FRANÇA NETO J. B. (eds). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. cap.4. p.1-26.

WILCOX, J.R.; CAVINS, J.R. Backcrossing high seed protein to a soybean cultivar. **Crop Science**, v.35, p. 1036-1041, 1995.

WILCOX, J.R. Increasing seed protein in soybean with eight cycles of recurrent selection. **Crop Science**, v.38, p. 1536-1540, 1998.

WILSON, R.F. Seed composition. In: BOERMA, H.R.; SPECHT, J.E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. 3.ed. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 2004. p. 621-677.

ZIEGLER V. Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality evaluation parameters of soybean grain and oil. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 37, n. 1, p.131-14, 2016.

## COMPORTAMENTO DA ASSINATURA ESPECTRAL EM RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

### *Behavior of the spectral signature and relation with soybean yield*

Djeferson José de Oliveira Batista<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>, Marcieli Piccin<sup>3</sup>, Vinícius Freitas Pedron<sup>4</sup>, Arthur Kich Buhse<sup>5</sup>, Maria Heloisa Batistti Baptistella<sup>6</sup>, Gustavo Henrique dos Santos<sup>7</sup>

1, 2, 3, 4, 5, 6,7 Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria – RS, Brasil, CEP: 97105-900, E-mail: [djejose@hotmail.com](mailto:djejose@hotmail.com), [florestatel@hotmail.com](mailto:florestatel@hotmail.com), [marcielpiccin@hotmail.com](mailto:marcielpiccin@hotmail.com), [pedron.vinicius@hotmail.com](mailto:pedron.vinicius@hotmail.com), [arthur.buhse@hotmail.com](mailto:arthur.buhse@hotmail.com), [mheloisabb@hotmail.com](mailto:mheloisabb@hotmail.com), [gh.santos2012@hotmail.com](mailto:gh.santos2012@hotmail.com)

### RESUMO

O sensoriamento remoto é uma ferramenta amplamente empregada na Agricultura de Precisão para observação da variabilidade e monitoramento das culturas em uma determinada área. O objetivo deste estudo foi descrever as curvas espectrais geradas por dois índices de vegetação (NDVI e NDRE) na cultura da soja e determinar qual o estágio fenológico desta cultura é mais recomendado para a realização do sensoriamento proximal. O estudo foi realizado em duas áreas agrícolas pertencentes ao município de Carazinho na safra de soja de 2018/19. Foram aplicadas no solo diferentes estratégias de manejo para possibilitar a variação da produtividade da soja e aumentar a acurácia do sensoriamento remoto. Foram determinados os índices de NDVI e NDRE nos estágios V6, V7, V8, R1, R2, R3 e R4. Foi possível verificar que o índice NDRE foi mais sensível do que o NDVI às variações de biomassa da soja e, que para ambos os índices estudados, o estágio R3 foi o que possuiu maior correlação com a produtividade da soja, sendo definido como o estágio de maior precisão para realizar o sensoriamento remoto desta cultura.

**Palavras-chave:** Sensoriamento proximal. Índices de vegetação. Agricultura de Precisão.

### ABSTRACT

Remote sensing is a widely used tool in Precision Agriculture for observing crop variability and monitoring in a field. The aim of this study was to describe the spectral curves generated by two vegetation indices (NDVI and NDRE) in soybean crop and to determine which phenological stage of this crop is most recommended for performing proximal sensing. The study was realized in two agricultural areas in Carazinho in the 2018/19 soybean crop. Different management strategies were applied in the soil to allow soybean yield variation and increase remote sensing accuracy. The NDVI and NDRE indices at stages V6, V7, V8, R1, R2, R3 and R4 were determined. It was possible to verify that NDRE index was more sensitive than NDVI to soybean biomass variations and that for both indexes studied, the R3 stage had the highest correlation with soybean yield, being defined as the soybean yield stage greater accuracy for remote sensing of this crop.

**Keywords:** Proximal sensing. Vegetation indices. Precision Agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma ferramenta amplamente empregada na Agricultura de Precisão (AP) com a finalidade de observação da variabilidade existente em uma determinada área e, principalmente, para monitoramento das culturas (WRIGHT et al., 2004). Uma série de

estudos relacionou a reflectância do dossel de várias culturas agrícolas ao índice de cobertura do solo, à área foliar (IAF) e à concentração de clorofila nas folhas, tais como a cevada (*Hordeum vulgare* L.) (PEÑUELAS et al., 1997), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (WIEGAND; RICHARDSON, 1990), milho (*Zea mays* L.) (MA et al., 1996), batata (*Solanum tuberosum* L.) (BOUMAN et al., 1992), soja (HOLBEN et al., 1980), beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) (CLEVERS, 1997) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (STONE et al., 1996).

A maioria dos índices de vegetação pode ser generalizada com uma derivação da reflectância de uma determinada superfície, a partir de certos comprimentos de onda. Essa derivação é função das propriedades óticas das folhas e das partículas do solo. No caso da vegetação óticamente densa, a derivação espectral, junto com os índices, pode servir como indicativo de abundância e de atividade dos absorvedores de radiação nas folhas. Ou seja, os índices utilizados, baseados nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, como o NDVI, realizam a mensuração da quantidade de clorofila e da absorção de energia (MYNENI et al., 1997).

Em condições de maior cobertura do solo com a vegetação, ocorre um pico de absorção na banda do vermelho. Quando isso ocorre, o NDVI se torna insensível às alterações de biomassa que, posteriormente, refletem-se na produtividade (quando o valor do NDVI é alto, a variação de produtividade em um valor específico do NDVI pode também ser alta). Estas condições podem comprometer a confiabilidade dos valores de NDVI gerados, pois pequenas diferenças deste índice reduz a habilidade do sensor em prever com maior acurácia a produtividade e a absorção de nutrientes, especialmente quando a cobertura de solo já é alta nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura (FREEMAN et al., 2003)

Para superar esta limitação, nos últimos anos alguns índices de vegetação foram desenvolvidos usando a reflectância da borda do vermelho, como o NDRE (GITELSON; MERZLYAK, 1994) e índices de clorofila (GITELSON et al., 2003). As principais vantagens dos índices de vegetação da borda do vermelho é que eles são menos influenciados pelas estruturas do dossel das plantas. Assim, são mais promissores para a construção de modelos de estimativas de índice de área foliar e de produtividade (DONG et al., 2015; NGUY- ROBERTSON; GITELSON, 2015). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi descrever as curvas espectrais geradas por dois índices de vegetação (NDVI e NDRE) na cultura da soja e determinar qual o estágio fenológico desta cultura é mais recomendado para a realização do sensoriamento proximal.

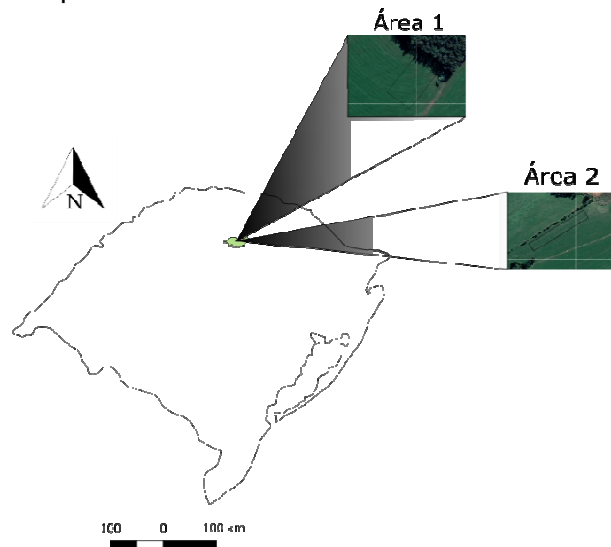
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em duas áreas experimentais no município de Carazinho, localizado no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Ambos os solos são classificados como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2018). A cultura da soja foi implementada em novembro de 2018 e pertencia ao grupo de maturação 5.8.

Para avaliar o comportamento de cada índice de vegetação foram utilizadas formas de manejo para gerar a variabilidade de produtividade da soja, como demonstrado da seguinte forma: T1 – Inoculação na semente, T2 – Inoculação na semente + Ácidos Orgânicos, T3 – Inoculação na semente + Cálcio, T4 – Inoculação na semente + Adubo Orgânico, T5 – Inoculação no sulco, T6 – Inoculação no sulco + Ácidos Orgânicos, T7 – Inoculação no sulco + Cálcio, T8 – Inoculação no sulco + Adubo Orgânico.



Figura 1 - Localização da área experimental.



Fonte: o autor.

Para mensurar a reflectância das plantas no experimento, foi utilizado o equipamento Optrix, o qual consiste de um sensor proximal ativo, ou seja, que emite um feixe de luz e capta a intensidade dos comprimentos de onda da faixa espectral do vermelho (R), borda do vermelho (red-edge) e do infravermelho próximo (NIR). O resultado desses três comprimentos de ondas é aplicado em duas equações para obter o índice de vegetação da diferença Normalizada (NDVI) e o diferença normalizada da borda do vermelho (NDRE).

Segue as equações utilizadas:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

$$NDRE = \frac{(NIR-REEDGE)}{(NIR+REEDGE)} \quad (2)$$

As quantificações da reflectância foram realizadas à altura de um metro do dossel das plantas em sete estágios fenológicos (V6, V7, V8, R1, R2, R3 e R4).

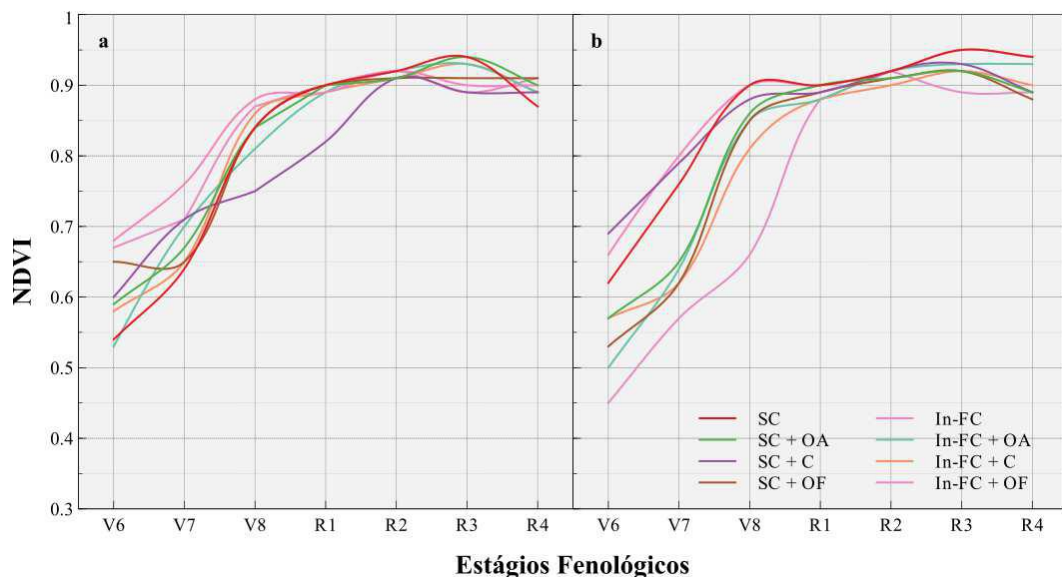
A determinação da produtividade da soja foi realizada através da colheita de 3 repetições de 2 m<sup>2</sup>, totalizando 6 m<sup>2</sup> em cada parcela. A umidade de grãos foi determinada em cada repetição e sua respectiva produtividade foi corrigida para a umidade de 13%.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018). Os dados obtidos pelo equipamento Optrix foram filtrados pelo método Boxplot. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de significância. As correlações entre os parâmetros NDVI e NDRE com a produtividade da soja foram obtidas através do coeficiente linear de Pearson, através da regressão à 5% no software (R CORE TEAM, 2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de NDVI e NDRE foram agrupados nas Figuras 2 e 3 para demonstrar que o comportamento de ambos são considerados semelhantes. É possível observar a evolução temporal do NDVI conforme o estágio fenológico da soja. Sendo que na figura 2, o NDVI foi crescendo exponencialmente até estágio V8 e, a partir deste, estabilizou, corroborando com o observado por Povh (2008). Baixos valores de NDVI são verificados durante os meses que coincidem com o estabelecimento e a senescência da cultura, devido às menores quantidades de biomassa.

Figura 2 - Comportamento da curva espectral de NDVI da cultura da soja.

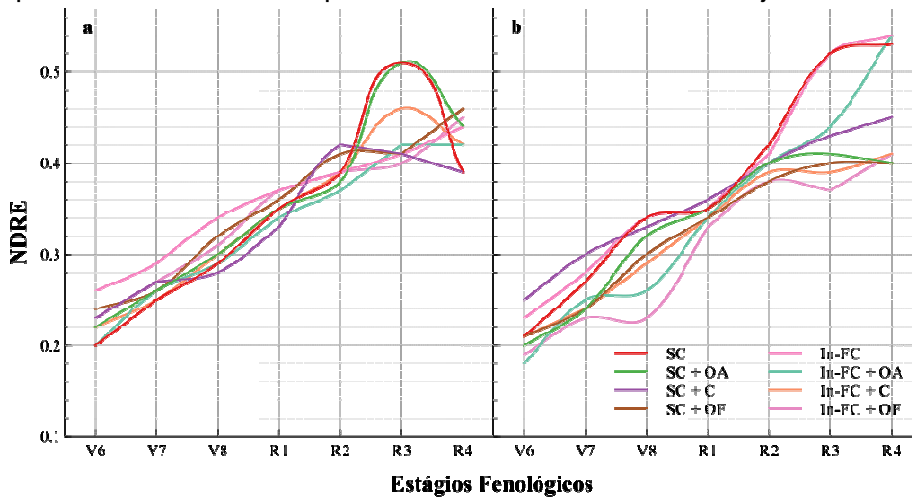


Legenda: a) área 1 do experimento; b) área 2 do experimento; SC) Co-inoculação na semente; SC + OA) Co-inoculação na semente + ácidos orgânicos; SC + C) Co-inoculação na semente + cálcio; SC + OF) Co-inoculação na semente + fertilizante orgânico; In-FC) Co-inoculação no sulco; In-FC + OA) Co-inoculação no sulco + ácidos orgânicos; In-FC + C) Co-inoculação no sulco + cálcio; In-FC + OF) Co-inoculação no sulco + fertilizante orgânico.

Durante todo o ciclo da cultura da soja, o comportamento da curva espectral do NDVI foi semelhante nas duas áreas, no entanto, pode-se verificar que na área 2 ocorreu uma variação maior nos estágios iniciais. A tendência da estabilização dos valores de NDVI em estágios reprodutivos, ou saturação dos dados, está relacionada ao elevado acúmulo de biomassa no dossel da cultura da soja, o que dificulta as variações de NDVI em estágios reprodutivos mais avançados.

De acordo com Gitelson (2004), a vegetação verde tem forte absorção na região do espectro vermelho (por volta de 670 nm), pois a reflectância nesta faixa é baixa (3 a 5%). Na região do infravermelho próximo, a vegetação apresenta alta reflexão da radiação incidente, atingindo entre 40 e 60%. Aumentando-se as doses de N e, conseqüentemente, a biomassa da cultura, aumenta-se também a reflectância no infravermelho próximo (HINZMAN et al., 1986).

Figura 3 - Comportamento da curva espectral de NDRE da cultura da soja.

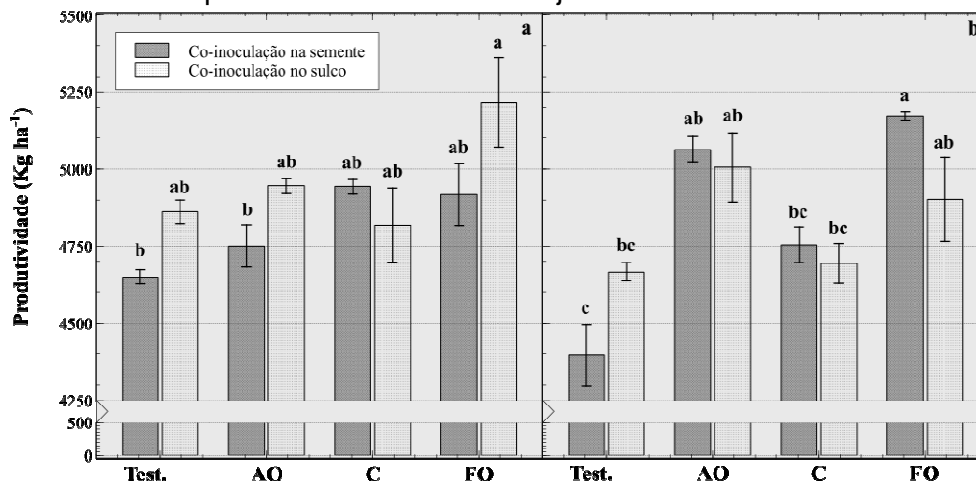


Legenda: a) área 1 do experimento; b) área 2 do experimento; SC) Co-inoculação na semente; SC + OA) Co-inoculação na semente + ácidos orgânicos; SC + C) Co-inoculação na semente + cálcio; SC + OF) Co-inoculação na semente + fertilizante orgânico; In-FC) Co-inoculação no sulco; In-FC + OA) Co-inoculação no sulco + ácidos orgânicos; In-FC + C) Co-inoculação no sulco + cálcio; In-FC + OF) Co-inoculação no sulco + fertilizante orgânico.

Ao analisar o índice NDRE (Figura 3), é possível verificar que o mesmo não satura após o estágio fenológico R1 e que apresenta sensibilidade maior à variações fisiológicas da cultura da soja (incremento de biomassa) do que o NDVI. Portanto, tem a possibilidade de ser correlacionado com os potenciais produtivos da cultura em estágios mais avançados. Além disso, o processo de normalização torna o NDVI insensível a variações na reflectância no infravermelho próximo, quando esta é muito maior que no vermelho (GITELSON, 2004).

Com relação ao comportamento das curvas espectrais do índice NDRE, é possível observar que em estágios mais avançados (R3 e R4), ocorre uma diferenciação das curvas, o que pode estar relacionado com a produtividade obtida pelos tratamentos, que está representada na figura 4.

Figura 4 - Variabilidade de produtividade cultura da soja.



Legenda: a) área 1 do experimento; b) área 2 do experimento; Test) Testemunha; AO) Ácidos orgânicos; C) Cálcio; FO) Fertilizante orgânico.

A produtividade foi afetada pelos condicionadores de solo e pela forma de co-inoculação. Sendo que os tratamentos onde foram aplicados condicionadores a base de substâncias orgânicas (ácidos orgânicos e o fertilizante orgânico) as produtividades foram superiores.

Quando comparadas as produtividades de cada tratamento com os respectivos valores de NDVI e NDRE utilizando o método de correlação de Pearson, obtivemos os resultados descritos na tabela 1.

Tabela 4 - Correlações de Pearson entre os índices NDVI e NDRE e a produtividade da soja nos diferentes estágios avaliados.

Estágios fenológicos	Produtividade	
	NDVI	NDRE
V6	-0.174	-0.074
V7	-0.351	-0.256
V8	-0.200	-0.297
R1	-0.156	0.011
R2	-0.087	-0.346
R3	-0.634	-0.689
R4	-0.320	-0.338

Conforme Cober et al. (2001), Ranson, Biehl e Bauer (1985), Li et al. (2014), Lo et al. (2019) e Miller et al. (2018), as correlações variam positivamente conforme o incremento de IAF, biomassa e produtividade. Contudo, neste experimento a cultivar utilizada apresentou um elevado incremento de biomassa na fase vegetativa. Esta elevada taxa de vegetação pode causar um impacto negativo para o desenvolvimento da cultura, devido ao excessivo gasto de energia para a formação dos tecidos, o que pode resultar na senescência precoce na parte basal das plantas e um menor fluxo de substratos foto-assimilados é direcionado para os grãos gerando vagens com grãos de menor peso e conseqüentemente uma menor produtividade.

A correlação de Pearson demonstrou que os melhores momentos para realizar o sensoriamento de modo que a produtividade possa ser indiretamente estimada varia com o índice utilizado. Para o NDVI, os estágios mais adequados são o V7, R3 e R4, no entanto, para o NDRE são o V7, V8, R2, R3 e R4. Para ambos os índices, o estágio R3 apresentou as maiores correlações com a produtividade e, portanto, pode ser definido como o estágio de maior precisão para realizar o sensoriamento.

#### 4 CONCLUSÃO

O índice NDVI apresentou comportamento crescente com o avanço do ciclo da cultura da soja, sendo semelhante nas duas áreas avaliadas.

O índice NDRE apresenta maior sensibilidade, em relação ao NDVI, à variação de biomassa do dossel da cultura da soja, principalmente em estágios fenológicos avançados.

Para ambos os índices, o estágio R3 apresentou as maiores correlações com a produtividade da soja, portanto, pode ser definido como o estágio de maior precisão para realizar o sensoriamento remoto desta cultura.

## REFERÊNCIAS

- BOUMAN, B.A.M.; UENK D.; HAVERKORT A.J. The estimation of ground cover of potato by reflectance measurements. **Potato Research**, v. 35, p. 111–125, 1992.
- CLEVERS, J.G.P.W. A simplified approach for yield prediction of sugar beet based on optical remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v. 61, p. 221–228, 1997.
- COBER, E. R. et al. Early Prediction of Soybean Yield from Canopy Reflectance Measurements. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 6, p. 1227, 2001.
- DONG, T. et al. Evaluation of chlorophyll-related vegetation indices using simulated Sentinel-2 data for estimation of crop fraction of absorbed photosynthetically active radiation. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 8, p. 4049–4059, 2015.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5ª. Ed. Brasília: Embrapa – CNPS; FREEMAN, K.W. et al. Late-season prediction of wheat grain yield and grain protein. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, p.1837-1852, 2003.
- GITELSON, A.A. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.165-173, 2004.
- GITELSON, A.A.; GRITZ, Y.; MERZLYAK, M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, p. 271–282, 2003.
- GITELSON, A.A.; MERZLYAK, M.N. Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation. **Journal of Plant Physiology**, v. 143, p. 286–292, 1994.
- HINZMAN, L.D.; BAUER, M.E.; DAUGHTRY, C.S.T. Effects of nitrogen fertilization on growth and reflectance characteristics of winter wheat. **Remote Sensing of Environment**, v.19, p.47-61, 1986.
- HOLBEN, B.N.; TUCKER C.J.; FAN C.J. Spectral assessment of soybean leaf area and leaf biomass. **Photogramm. Engineering & Remote Sensing**, v. 46, p. 651–656, 1980.
- LI, F. et al. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices. **Field Crops Research**, v. 157, p. 111–123, fev. 2014.
- LO, T. H. et al. Water effects on optical canopy sensing for late-season site-specific nitrogen management of maize. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 162, n. April, p. 154–164, 2019.
- MA, B.L., MORRISON M.J., DWYER L.M. Canopy light reflectance and field greenness to assess

nitrogen fertilization and yield of maize. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 915–920, 1996.

MILLER, J. J. et al. Characterizing soybean vigor and productivity using multiple crop canopy sensor readings. **Field Crops Research**, v. 216, n. November 2017, p. 22–31, 2018.

MYNENI, R.B. et al. Estimation of global leaf area index and absorbed par using radiative transfer models. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.35, p.1380-1393, 1997.

NGUY-ROBERTSON, A.L.; GITELSON, A.A. Algorithms for estimating green leaf area index in C3 and C4 crops for MODIS, Landsat TM/ETM+, MERIS, sentinel MSI/OLCI, and Venµs sensors. **Remote Sensing Letters**, v. 6, p. 360–369, 2015.

PEÑUELAS, J. et al. Visible and near infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. **Crop Science**, v. 37, p. 198–202, 1997.

PINHEIRO POVH, F. et al. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais Behavior of NDVI obtained from an active optical sensor in cereals. **Pesq. agropec. bras**, n. 8, p. 1075–1083, 2008.

RANSON, K. J.; BIEHL, L. L.; BAUER, M. E. Variation in spectral response of soybeans with respect to illumination, view and canopy geometry. **International Journal of Remote Sensing**, v. 6, n. 12, p. 1827–1842, 1985.

STONE, M.L. et al. Use of spectral radiance for correcting in-season fertilizer nitrogen deficiencies in winter wheat. **Transactions of the ASAE**, v. 39, p. 1623–1631, 1996.

WIEGAND, C.L.; RICHARDSON, A.J. Use of spectral vegetation indices to infer leaf area, evapotranspiration and yield: I. Rationale. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 623–629. 1990.

WRIGHT, D.L. et al. Canopy refl ectance estimation of wheat nitrogen content for grain protein management. **GIScience and Remote Sensing**, v.41, p.287-300, 2004.

# UMA NOVA ABORDAGEM DO CONTROLE DE QUALIDADE NO MONITORAMENTO DE SENSORES REMOTOS PROXIMAIS

## *A new approach to quality control in monitoring near remote sensors*

Cleiton Aparecido dos Santos Morais<sup>1</sup>, Alex Rangel Gonzaga<sup>1</sup>, Leticia Bernabé Santos<sup>2</sup>, Danilo Tedesco de Oliveira<sup>2</sup>, Mailson Freire de Oliveira<sup>2</sup>, Alexandre de Moura Guimarães<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC "Shunji Nishimura, 17540-000, Pompéia-SP, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, S/N - Vila Industrial, SP, 14884-900, Jaboticabal – SP, Brasil, [alexgonzaga.agr@gmail.com](mailto:alexgonzaga.agr@gmail.com)

### RESUMO

Partindo do pressuposto que todos os processos estão sujeitos a variações e que as mesmas afetam a sua qualidade durante as suas execuções, objetivou-se com este trabalho avaliar e analisar a qualidade dos índices de NDVI obtidos na cultura do amendoim gerados a partir de três modelos de sensores proximais de diferentes marcas denominadas de "protótipo", sensor 1 e sensor 2. A qualidade avaliada foi em função da variabilidade dos dados gerados, onde, os mesmos foram submetidos a análise por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), utilizando-se dos indicadores de variabilidade, estatística descritiva e cartas de controle de valores individuais. Todos os sensores apresentaram instabilidade, tanto nas cartas de controle como nas cartas de Amplitude Móvel, apresentando pontos que ultrapassaram os limites de controle, indicando pior qualidade. O sensor 2 apresentou maior quantidade de processos estáveis, suas variabilidades decorrentes de causas comuns e especiais apresentou menor probabilidade de ocorrência seguido pelo sensor 1 e "protótipo" mostrando que o sensor 2 apresentou maior qualidade durante o processo de leitura em função das baixas variabilidades apresentada por este equipamento.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Sensoriamento Remoto (SR). Qualidade de Leitura.

### ABSTRACT

Assuming that all processes are subject to variations and that they affect their quality during their execution, this study aimed to evaluate and analyze the quality of NDVI indices obtained in peanut culture generated from three models of proximal sensors of different brands called "prototype", sensor 1 and sensor 2. The quality evaluated was a function of the variability of the generated data, where they were submitted to analysis through the Statistical Process Control (CEP), using indicators of variability, descriptive statistics, and individual value control charts. All sensors presented instability, both in the control charts and in the Mobile Range charts, presenting points that exceeded the control limits, indicating worse quality. Sensor 2 presented a higher number of stable processes, its variability due to common and special causes presented lower probability of occurrence followed by sensor 1 and "prototype" showing that sensor 2 presented higher quality during the reading process due to the low variability presented for this equipment.

**Keywords:** Precision agriculture. Remote Sensing (SR). Reading quality.

## 1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto (SR) é a técnica de se obter informação de um objeto, área ou fenômeno através de um dispositivo sensor que não está em contato físico direto com o alvo investigado (SOUZA, 2010). Aliado a isso, a agricultura de precisão que envolve a coleta, análise

e o gerenciamento de informações com objetivo de proporcionar um melhor gerenciamento das atividades de produção agrícola utiliza dados de sensoriamento remoto para avaliar diversos atributos das plantas como índice de área foliar (IAF), biomassa, teor de clorofila ou de nitrogênio, como também para conduzir o manejo do solo, controle de plantas daninhas, insetos e doenças de plantas (MULLA, 2013).

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o sensoriamento remoto em campo, por meio de sensores ópticos ativos e passivos devido ao seu grande potencial para a obtenção e tratamento de dados (SHIRATSUCHI et al., 2014). No entanto, não se tem encontrado trabalhos que tenham dado atenção em avaliar a qualidade dos dados gerados, pois, fatores relacionados à superfície observada bem como as características do sensor podem influenciar na qualidade dos dados durante o seu processo de aquisição (GALVÃO et al., 1999).

Diversos experimentos utilizaram o sensoriamento remoto na agricultura e em outras áreas para avaliar diversos parâmetros, como: recomendação de nitrogênio na cultura do trigo (POVH, 2007), falhas de plantio na cultura da cana-de-açúcar (ALVAREZ et al., 2008), detecção de plantas daninhas (QUEIROZ, 2005), avaliação de nitrogênio em cana-de-açúcar (AMARAL, 2010), infestação de nematoides, deficiência de nitrogênio no algodoeiro (MOTOMIYA, 2014), monitoramento de pastagem biodiversa (SERRANO et al., 2016), uso do NDVI para estimar a produtividade de trigo (RISSINI-KAWAKAMI & GENÚ, 2015), caracterização de cobertura da terra, entre outros. Porém, nenhum dos trabalhos demonstraram de forma objetiva a qualidade das informações captadas pelos sensores utilizados.

A qualidade das informações geradas por essa técnica passou por melhorias nos últimos anos, as imagens de satélite melhoraram sua resolução espacial e temporal e resolução espectral, assim como as imagens hiperespectrais aéreas que hoje possibilitam distinguir várias características das culturas (MULLA, 2013). O desenvolvimento de sensores ópticos ativos também revolucionou a capacidade do sensoriamento remoto em obter grande quantidade de dados em diversas condições, visto que o mesmo pode trabalhar em qualquer condição de luz, inclusive à noite, situação essa que limita a qualidade do processo de aquisição de dados feito por sensores passivos (SERRANO et al., 2016).

Hessler (2008) afirma que a qualidade de um processo está na sua baixa variabilidade. Segundo Voltarelli et al. (2015) uma forma de avaliar a qualidade de um processo é através do Controle Estatístico de Processos (CEP), que permite identificar variações ocasionadas por causas comuns ou causas especiais, auxiliando no controle das causas comuns e na eliminação de causas especiais afim de manter o processo sempre numa situação estável.

Muitos pesquisadores utilizam-se do controle estatístico de processo para avaliar a qualidade de operações agrícolas mecanizadas, como: qualidade de corte na cana-de-açúcar em função de diferentes modelos de facas e revestimentos (VOLTARELLI et al., 2015), eficiência operacional na colheita mecanizada de soja em diferentes formatos de talhões (PAIXÃO et al., 2015), qualidade na semeadura de milho em função do modelo dosador de semente (DIAS, 2015), entre outros.

Novas abordagens no que diz respeito à avaliação da qualidade de dados de sensores ópticos passivos e ativos, podem fornecer conhecimentos significativos na compreensão das variabilidades inerentes de cada tipo de sensor além de uma forma prática de comparação de diferentes tipos e marcas de sensores.

Partindo da hipótese de existirem diversos fatores que podem influenciar na qualidade do processo de leitura de sensores ópticos ativos e passivos e que tanto o processo de aquisição de dados quanto o tipo de sensor utilizado apresentam diferenças em relação à qualidade, objetivou-

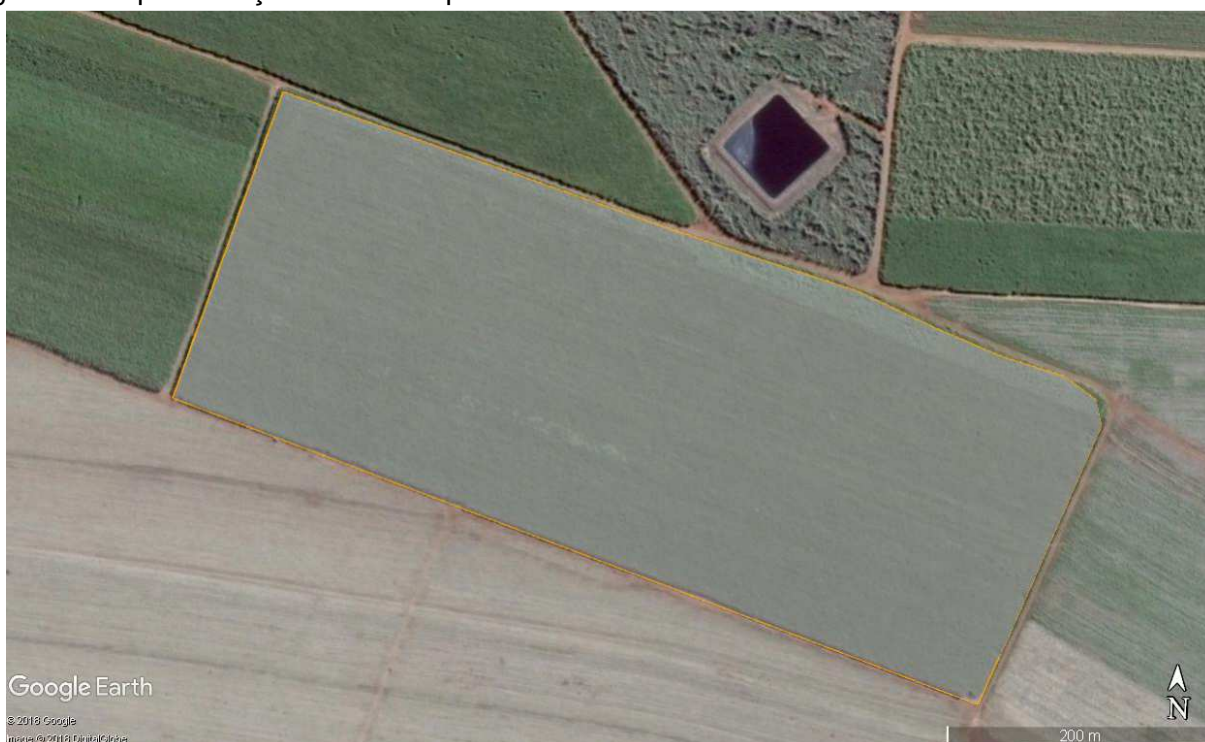


se com este estudo aplicar o Controle Estatístico de Processo (CEP) para avaliar a qualidade de leitura de três modelos de sensores proximais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em parceria com o Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) UNESP/FCAV. O estudo foi conduzido em lavoura de amendoim localizada no município de Taiuva-SP (Figura 1). As leituras com os modelos de sensores foram realizadas quando a cultura estava no início do estágio de maturação das vagens.

Figura 1 - Representação da área experimental.



Fonte: o autor (2018).

O delineamento experimental, foi de acordo com as premissas do Controle Estatístico de Processos (CEP). Os tratamentos foram compostos pela leitura de três modelos de sensores proximais, sendo que dois modelos já são comercializados, denominados sensor 1 e 2 e por outro sensor ainda não comercializado que foi desenvolvido recentemente que foi chamado de “protótipo”.

Os sensores foram calibrados de acordo com a recomendação do fabricante. As leituras foram realizadas por um único avaliador caminhando na entrelinha da cultura em uma velocidade de  $(1 \text{ m s}^{-1})$ , com os sensores em mãos apontados há uma distância de aproximadamente 1 metro do dossel da cultura do amendoim (plantas). A variável analisada foi o Índice de Vegetação da Diferença normalizada (NDVI) conforme a equação proposta por Rouse et al. (1974) (equação 1):

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

Sendo que:

NDVI é o Índice de vegetação da diferença normalizada;

IVP sendo a reflectância no infravermelho próximo;

V sendo a reflectância na banda do vermelho.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos a análise descritiva por meio de medidas de posição. A qualidade de leitura dos sensores foi avaliada de acordo com a variabilidade existente entre os modelos de sensores. A análise foi realizada utilizando a carta de controle de valores individuais e de amplitude móvel, sendo estas, ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP). Para a construção das cartas verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Ryan Joiner ( $\alpha$  0.05).

As cartas de controle de valores individuais apresentam três linhas, sendo que a linha central representa a média geral do conjunto de dados, enquanto que as outras duas linhas representam os limites superior e inferior de controle, sendo estes calculados com base nas equações 1 e 2, segundo MONTGOMERY (2009):

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad (1)$$

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad (2)$$

Onde,

LSC: limite superior de controle;

LIC: limite inferior de controle.

$\bar{x}$ : média geral da variável;

$\sigma$ : desvio-padrão;

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice médio de NDVI (Tabela 1), situaram-se próximos para os sensores 1 e 2. Analisando-se os dados, nota-se que o sensor 1 apresentou distribuição de probabilidade normal do conjunto de dados com média igual a mediana, assim como se observa menor coeficiente de variação e menor desvio padrão. Por outro lado, ambos os sensores foram considerados assimétricos, apresentando coeficientes de assimetria negativo, indicando uma maior concentração de dados a direita com maiores valores para o sensor 2, representado pela curva de frequência de distribuição mais alongada a esquerda, sendo classificada como platicúrtica segundo o teste de normalidade de Anderson Darling.

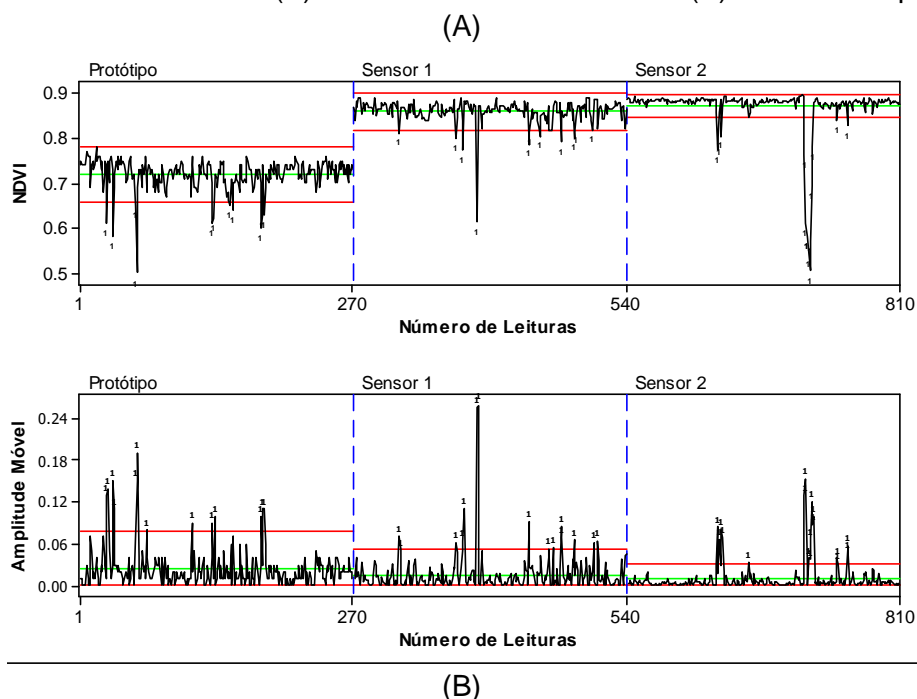
Tabela 1 - Estatística descritiva para os índices de NDVI gerados por três modelos de sensores proximais na cultura do amendoim.

Parâmetros	Modelo de sensores		
	Protótipo	Sensor 1	Sensor 2
Média ( $\bar{x}$ )	0.72	0.86	0.87
Desvio Padrão ( $\sigma$ )	0.03	0.02	0.05
Coeficiente de variação (%)	4.49	2.80	5.79
Mínimo	0.50	0.61	0.50
Mediana	0.73	0.86	0.88
Máximo	0.78	0.89	0.90
Amplitude (A)	0.28	0.28	0.39
Coeficiente de assimetria (Cs)	- 2.31	- 4.65	- 5.50
Coeficiente de curtose (Ck)	9.93	40.46	31.27

Fonte: o autor (2018).

O conjunto de dados podem ser melhores observados por meio de utilização de cartas de controle (Figura 2), com objetivo de analisar a qualidade das leituras, assim como a ocorrência de não aleatoriedade ou a presença de causas especiais durante o processo de aquisição dos dados realizado pelos respectivos sensores.

Figura 2 - Cartas de controle para os índices de NDVI gerado por três modelos de sensores proximais na cultura do amendoim (A) Carta de valores individuais (B) Carta de amplitude móvel.



Analisando-se as cartas de controle de valores individuais dos índices de NDVI e de Amplitude móvel (cartas A e B) nota-se que o processo de aquisição dos dados por meio das leituras realizadas pelos três modelos de sensores apresentam comportamento instável, com pontos que se localizam fora dos limites de controle aceitáveis MONTGOMERY (2000), que de acordo com TRINDADE et al. (2007) ocasionados pela variabilidade decorrente de causas

especiais como fatores "6M's" (Mão de obra, Máquina, Matéria-prima, Método, Medição e Meio ambiente).

Ainda analisando-se os dados das cartas de controle individuais, nota-se que a variabilidade inerente do processo (causas comuns) e a variabilidade que afeta a qualidade do processo (causas especiais) apresentam menor probabilidade de ocorrência para o sensor 2 quando comparada com a variabilidade que apresenta os demais sensores 1 e "protótipo". Observa-se que a variabilidade decorrente de causas especiais que leva a instabilidade do processo presente nesses sensores (observações 270 e 540 cartas A e B) são bem maiores em relação ao sensor 2, podendo ser visualizado pela quantidade de pontos que extrapolam os limites de controle como também pode ser observado a alta oscilação em torno da média, o que pode estar relacionado com as características desses equipamentos sensor.

Os números de leituras de NDVI gerados por cada um dos modelos de sensores pode ser visualizada no eixo "X" das cartas de controle A e B, mostrando que a maior quantidade de pontos gerados ocorre para o sensor 2, seguido pelo "protótipo" e pelo sensor 1. Essa quantidade de pontos (leituras) permite discernir que mesmo com uma maior quantidade de leituras realizadas pelo sensor 2, com densidade amostral maior que 810 pontos, ocorre menor variabilidade dos dados se comparado com o sensor 1 com densidade amostral de 540 pontos seguido pelo "protótipo" com densidade amostral de 240 pontos. A partir disso, presume-se que o sensor 2 permite obter uma maior representação de áreas amostrais com maiores quantidades de pontos gerados, além da maior qualidade em função da baixa variabilidade que os dados gerados por esse equipamento apresenta.

Os resultados apresentados pelas cartas de controle A e B mostram que o sensor 2 apresenta menor variação em torno da média ocasionadas por causas comuns (observação 810) como pela menor variabilidade por causas especiais comparado com o "protótipo" seguido pelo sensor 1, atribuindo a esse sensor 2 a maior qualidade de processo.

De acordo com SILVA & VOLTARELLI (2015) as causas comuns sempre estarão presentes durante a execução de processos, o que leva a baixa qualidade final dos mesmos, e o que merece maior atenção são as variabilidades ocasionadas por causas especiais, sendo essas o foco do Controle Estatístico de Processo (CEP), afim de encontra-las para manter o processo sempre em situação estável.

#### **4 CONCLUSÕES**

O Controle Estatístico de Processo (CEP) mostrou ser uma ferramenta útil para avaliar a qualidade do processo de aquisição de dados de NDVI gerados por sensores de diferentes marcas, permitindo identificar os tipos de variabilidades que cada tipo de equipamento apresenta, uma vez que essa técnica mostra qual a variabilidade ocorre com maior frequência levando a baixa qualidade do processo.

O índice de NDVI apresenta maior qualidade durante o processo de aquisição de dados para o sensor 2.

A maior qualidade do processo e menor índice de variação dos dados de NDVI ocorrem para o sensor 2 seguido pelo sensor 1.

As leituras de NDVI realizadas pelo sensor 2 apresentou menor variabilidade tanto de causas comuns como de causas especiais.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. **Sensoriamento remoto no mapeamento de falhas de plantio em cana-de-açúcar**. Pós-graduando – ESALQ/USP: Professor DPTO. Eng. Rural (ESALQ/USP). Usina Itacema, 2008.
- AMARAL, L. R. **Sensor ótico no auxílio à recomendação de nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia. Piracicaba, 2010.
- DIAS, R. C. S. **Controle de qualidade na semeadura do milho em função dos distribuidores de sementes**. Trabalho de graduação – Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2015.
- GALVÃO, L. S.; VITORELLO, I.; FILHO, R. A. **Effects of bands positioning and bandwidth on NDVI measurements of tropical savannas**. Remote Sensing of Environment, New York. v. 67, n. 2, p. 181-193, 1999.
- HESSLER, C. V. **Aplicação de controle estatístico de processo na empresa “metasa” como uma ferramenta de competitividade**. Programa de Pós-graduação em Administração – PPGA Curso de Mestrado. Caxias do Sul, 2008.
- MULLA, D. J. **Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps**. Biosystems Engineering: Dept. Soil, Water and climate, University of Minnesota, USA. vol. 114. Pág. 358-371, 2013.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. p. 100 – 200
- MONTGOMERY, D.C. Control charts for variables. In: Montgomery DC. Introduction to statistical quality control. Arizona, Wiley, 6:226-268. 2009.
- MOTOMIYA, A. V. A et al. **Índice de vegetação no algodoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e regulador de crescimento**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n.1, p. 169-178, jan./fev.2014.
- PAIXÃO, C.S.S. **Tempos, movimentos e qualidade da operação de colheita mecanizada de soja em função do formato de talhões**. 2015. xiv, 97 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2015
- POVH, F. P. **Utilização de sensor ótico ativo em culturas de cereais**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Mestre em Agronomia. Área de concentração: Máquinas Agrícolas. Piracicaba, 2007.
- QUEIROZ, C. A. S. **Desenvolvimento de pulverizador florestal com detecção eletrônica de plantas daninhas e aplicação em doses variáveis**. Tese (Doutorado) – Doutor em Agronomia.

Área de Concentração: Energia na Agricultura, Botucatu, 2005.

RISSINI, A. L. L.; KAWAKAMI, J.; GENÚ, A. M. **Índice de vegetação por diferença normalizada e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio.** R. Bras. Ci. Solo, 39: 1703-1713, 2015.

SOUZA, R.B. **Sensoriamento remoto: conceitos fundamentais e plataformas.** Santa Maria, 2010.

SERRANO, J. M. et al. **Avaliação do sensor óptico de vegetação OptRx® na monitorização de da variabilidade espacial e temporal de pastagens.** Revista de Ciências Agrárias, 2016, 39 (2): 261-280, 2016.

SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M.T. **Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas.** 1 ed. – Jaboticabal: SBEA, 2015. 244p.: il.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. **Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão.** Brasília, DF. Embrapa Cerrados, 2014.

VOLTARELLI, M. A., SILVA R. P., ZERBATO C., PAIXÃO C. S. S., TAVARES, T. O. Monitoring of mechanical sugarcane harvesting through control charts. Engenharia Agrícola, v. 35, p. 1079-1092, 2015

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P. ; CASSIA, M. T. ; ORTIZ, D. F. ; TORRES, L. S. . Qualidade do corte basal de cana-de-açúcar utilizando-se de três modelos de facas. Engenharia Agrícola, v. 35, p. 528-541, 2015.

## ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA E DOSES DE N EM GENÓTIPOS DE CEVADA

### *Vegetation index by normalized difference and N rates in barley genotypes*

Carolina Trentin<sup>1</sup>, Osvaldo Piccinini Rosso<sup>1</sup>, Gustavo Thomazi Zart<sup>1</sup>, João Leonardo Pires<sup>2</sup>,  
Adriana Favaretto<sup>3</sup>, Michele Fornari<sup>1</sup>, Pedro A. V. Escosteguy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Passo Fundo; BR-285, São José, CEP 99052-900, Passo Fundo- RS, Brasil,  
[carolinatrentin@live.com](mailto:carolinatrentin@live.com); [escosteguy@upf.br](mailto:escosteguy@upf.br); [fornarimichele@upf.br](mailto:fornarimichele@upf.br);

<sup>2</sup>Embrapa Trigo; BR-285, km 294, CEP 99050-970, Passo Fundo – RS, Brasil, [joao.pires@embrapa.br](mailto:joao.pires@embrapa.br);

<sup>3</sup>AMBEV, RS-324, Valinhos, CEP 99033-100, Passo Fundo - RS, Brasil. [adriana.favaretto@ambev.com.br](mailto:adriana.favaretto@ambev.com.br)

### RESUMO

A eficiência da adubação nitrogenada em cevada pode ser melhorada por meio do uso de sensores de vegetação. Com este estudo, objetivou-se avaliar a correlação entre essas variáveis da planta e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), em genótipos de cevada. O experimento foi conduzido na FAMV- UPF, em 2016. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Foram utilizados os genótipos BRS Brau, AnaG01 e a linhagem 2B08, sob doses de N (35, 50, 65 e 80 kg N ha<sup>-1</sup>) aplicadas no perfilhamento. As correlações entre o NDVI, avaliado no alongamento do colmo, e o acúmulo de N e de biomassa dos genótipos foram fortes, já no estágio de perfilhamento foram fracas. O aumento das doses de N incrementou positivamente a biomassa, resultando em maiores valores de NDVI. Esse índice, obtido no alongamento do colmo, estima de forma adequada a biomassa da parte aérea de genótipos de cevada, expressando a resposta dessa cultura a doses de nitrogênio, mas devem ser interpretados de acordo com o tipo de genótipo.

**Palavras-chave:** Sensores, *Hordeum vulgare* L., adubação nitrogenada.

### ABSTRACT

The efficiency of nitrogen fertilization in barley can be improved by using vegetation sensors. This study aimed to evaluate the correlation between these plant variables and the normalized difference vegetation index (NDVI) in barley genotypes. The experiment was conducted at FAMV-UPF in 2016. The experimental design was randomized blocks. The genotypes BRS Brau, AnaG01 and strain 2B08 were used under N rates (35, 50, 65 and 80 kg N ha<sup>-1</sup>) applied to tillering. The correlations between NDVI, evaluated in the stem lengthening, and the accumulation of N and biomass of the genotypes were strong, while in the tillering stage they were weak. Increasing N rates positively increased biomass, resulting in higher NDVI values. This index, obtained on stem elongation, adequately estimates the shoot biomass of barley genotypes, expressing the response of this crop to nitrogen doses, but should be interpreted according to genotype type.

**Keyword:** Sensors, *Hordeum vulgare* L., nitrogen fertilization

### 1 INTRODUÇÃO

A produção vegetal depende do acúmulo de nitrogênio (N) na planta, entre outros fatores. Em espécies de gramíneas produtoras de grão, esse acúmulo está positivamente relacionado com o manejo da adubação nitrogenada, em conjunto com a eficiência de uso de N dos genótipos. Considerando esses fatores, as recomendações de adubações nitrogenadas devem ser testadas e

desenvolvidas de acordo com as situações específicas do ambiente e das culturas, como, por exemplo, o potencial produtivo dos genótipos (Hamnér et al., 2017). Esse potencial e a qualidade nutricional das plantas podem ser estimados a partir da biomassa da parte aérea, já que essa expressa a capacidade da planta em absorver radiação solar, água e sais minerais, fatores determinantes para a produção vegetal. Dessa forma, a biomassa ou o vigor vegetal tem sido utilizado para determinar a quantidade de N necessária para produção de cereais e outras culturas agrícolas (Johansen et al., 2019).

Entre as técnicas utilizadas para avaliar o estado nutricional, o crescimento e a produção vegetal das culturas agrícolas, a fenotipagem tem a vantagem de não ser destrutiva, isto é, preserva a biomassa das plantas (Filippo et al., 2017; Fiorani e Schurr, 2013). Esse aspecto tem favorecido o uso dessa técnica para estimar o N das plantas e subsidiar a adubação desse nutriente. A fenotipagem pode ser efetuada de várias formas, como a utilização de veículos aéreos não tripulados, sensores embarcados em maquinários agrícolas ou manuais. Esses dispositivos estimam a refletância de radiação do dossel das plantas. Dependendo do tipo de sensor utilizado, pode-se estimar a refletância de vários comprimentos de onda, resultando em diversos índices de vegetação. O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) têm sido o mais utilizado para estimar a biomassa da parte aérea e a área foliar do dossel (Till, Aasen e Bareth, 2015). Contudo, o uso desse índice para adubação nitrogenada da cultura de cevada ainda não foi consolidado para os ambientes e sistemas de produção brasileiros. Com este estudo, objetivou-se avaliar a correlação entre o NDVI e o N, a biomassa da parte aérea e o rendimento de grãos (RG), em genótipos e estádios de crescimento de cevada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), localizada no município de Passo Fundo – RS, com 687 metros (m) de altitude. O clima da região é subtropical, na zona climática temperada (C) do tipo úmido (f), conforme a classificação de Köppen (Maluf, 2000), com temperatura média anual de 17,5°C e precipitação pluvial média anual de 1.787,8 mm (EMBRAPA, 1990). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico típico (Streck et al., 2018), com 2,1% de matéria orgânica, na camada de 0-20 cm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema bifatorial 3x5 (genótipos x doses de N). O arranjo dos tratamentos foi em parcelas subdivididas. Na parcela principal (1,02 m x 7,0 m), foram testadas as doses de N. A adubação de cobertura foi realizada a lanço, manualmente, utilizando a ureia, como fonte desse nutriente (Tabela 1). Na subparcela (1,02 m x 3,06 m), foram testados os genótipos de cevada (Cultivar BRS Brau -EMBRAPA, ANAG 01 - FAPA e linhagem 2B08–2847 - AMBEV). A implantação da cultura foi realizada em junho de 2016, em semeadura direta, em resteva de soja. O espaçamento entre linhas foi de 17 cm e a densidade de sementes foi de 340 sementes aptas m<sup>2</sup>. Aplicou-se 400 kg ha<sup>-1</sup> da formulação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 5-20-20, equivalendo a 20 kg N ha<sup>-1</sup>, em semeadura, em todas as doses de N testadas. Os tratos culturais, como dessecações e controles de pragas e doenças seguiram as recomendações da cultura da cevada (Minella, 2017).



Tabela 1 - Doses de nitrogênio (N) aplicadas na semeadura e no estágio fenológico do perfilhamento, em genótipos de cevada. FAMV/UPF, Passo Fundo, RS 2019.

Manejo	Semeadura Perfilhamento	
	..... kg N ha <sup>-1</sup> .....	
Controle	20	-
PF-35	20	35
PF-50	20	50
PF-65	20	65
PF-80	20	80

A amostragem de plantas, para avaliar o N e a biomassa, foi realizada nos estádios de perfilhamento e alongamento (estádios 3-4 e 7 da escala de Feekes-Large, 1954, respectivamente), uma semana após a aplicação das doses de N em cobertura. Coletou-se manualmente, por meio do corte rente ao solo, a parte aérea de todas as plantas presentes em 0,50 m da linha das subparcela. As amostras foram secadas e pesadas para estimar a produtividade de biomassa de parte aérea. Em seguida, avaliou-se o teor (%) e quantidade (mg planta<sup>-1</sup>) de N. O teor de N foi avaliada utilizando a metodologia de Kjeldahl (Tedesco et al., 1995).

Os valores de NDVI foram obtidos com o sensor óptico Greenseeker<sup>®</sup>. Esse foi posicionado a, aproximadamente, 1 m de altura do topo do dossel e fez-se o caminhamento ao longo das linhas centrais das subparcelas. Na maturação fisiológica, avaliou-se o RG, em 5,1 m<sup>2</sup> das subparcelas, desconsiderando a bordadura de 1,02 m, no início e no final de cada subparcela. As amostras foram classificadas, secadas e pesadas. Efetuou-se a pesagem de grãos úmidos que, posteriormente, foram secados em estufa à 105 °C e novamente pesados para estimar o RG dos diferentes tratamentos, à 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (Teste F) e, para os fatores significativos, fez-se a comparação de médias dos genótipos com o teste de Tukey. As variáveis significativas para dose de N foram submetidas à análise de regressão e de correlação de Pearson. O nível de significância utilizado foi de 5% de probabilidade do erro.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As variáveis avaliadas não foram influenciadas pela interação entre as doses de N e os genótipos de cevada. Por outro lado, esse último fator influenciou a biomassa, o teor de N (%) e a quantidade acumulada desse nutriente (mg pl<sup>-1</sup>) na parte aérea das plantas, além dos valores de NDVI e o RG, em ambos os estádios fenológicos em que essas variáveis foram avaliadas (Tabela 2).

No perfilhamento, os valores de biomassa, de quantidade de N e do NDVI foram maiores na cultivar BRS Brau e na linhagem 2B08. No alongamento, entretanto, o teor de N da ANAG 01 superou o dessa linhagem. Embora isso tenha influenciado o NDVI. O RG dessa cultivar também foi maior que o dessa linhagem, sem, porém, diferir da BRS Brau (Tabela 2).

Tabela 2 - Biomassa vegetal, teor (N, %) e quantidade de nitrogênio (N, mg pl<sup>-1</sup>) da parte aérea, índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e rendimento de grão (RG), em genótipos de cevada, na média de doses de N em cobertura. FAMV/UPF, Passo Fundo, RS 2019.

Genótipo	Perfilhamento			Alongamento		Maturação
	Biomassa (t ha <sup>-1</sup> )	N (mg pl. <sup>-1</sup> )	NDVI	N (%)	NDVI	RG (kg ha <sup>-1</sup> )
BRS Brau	0,22 a	9,4 a	0,64 a	2,6 a	0,81 a	5.856 a
ANAG 01	0,19 b	8,01 b	0,59 b	2,54 a	0,75 b	6.036,8 a
2B08	0,23 a	9,64 a	0,64 a	2,42 b	0,80 a	5.249 b

Legenda: <sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os resultados das avaliações de correlação linear de Pearson, obtidos no estágio fenológico de perfilhamento, indicaram correlação muito forte entre a biomassa e a quantidade de N ( $r^2 = 0,93$ ) e entre essa variável e o teor de N ( $r^2 = 0,75$ ), considerada forte (Shimakura, 2006). A correlação entre essa última variável e o RG foi moderada ( $r^2 = 0,63$ ) (Shimakura, 2006). As correlações entre o índice NDVI só foram significativas com a biomassa e a quantidade de N, e os valores dos coeficientes obtidos foram fracos ( $r^2 = 0,34$  e  $0,32$  respectivamente) (Shimakura, 2006). Os resultados do presente trabalho são semelhantes aos relatados para a cultura da cevada de primavera, em que correlação forte foi observada entre a biomassa de parte aérea e o RG, nas avaliações realizadas nos estádios de perfilhamento, alongamento e emborrachamento (0,81, 0,69, 0,79, respectivamente) (Křen et al., 2014).

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Pearson entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), rendimento de grão (RG), biomassa vegetal, teor (N, %) e quantidade de nitrogênio (N, mg pl<sup>-1</sup>) da parte aérea de genótipos de cevada, em estádios de crescimento, na média de doses de N em cobertura. FAMV/UPF, Passo Fundo, RS 2019.

	Perfilhamento				Alongamento			
	RG	Biomassa	N (%)	N (mg pl. <sup>-1</sup> )	RG	Biomassa	N (%)	N (mg pl. <sup>-1</sup> )
NDVI	-0,02 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>*</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>*</sup>	0,32 <sup>*</sup>	0,67 <sup>**</sup>	0,45 <sup>**</sup>	0,62 <sup>**</sup>
RG	-	0,07 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>**</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-	0,72 <sup>***</sup>	0,53 <sup>***</sup>	0,61 <sup>**</sup>
Biomassa	-	-	0,38 <sup>**</sup>	0,93 <sup>***</sup>	-	-	0,64 <sup>**</sup>	0,96 <sup>***</sup>
N (%)	-	-	-	0,76 <sup>***</sup>	-	-	-	0,91 <sup>***</sup>

Legenda: <sup>ns</sup> Não-significativo. <sup>\*</sup>; <sup>\*\*</sup> e <sup>\*\*\*</sup> significativos a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

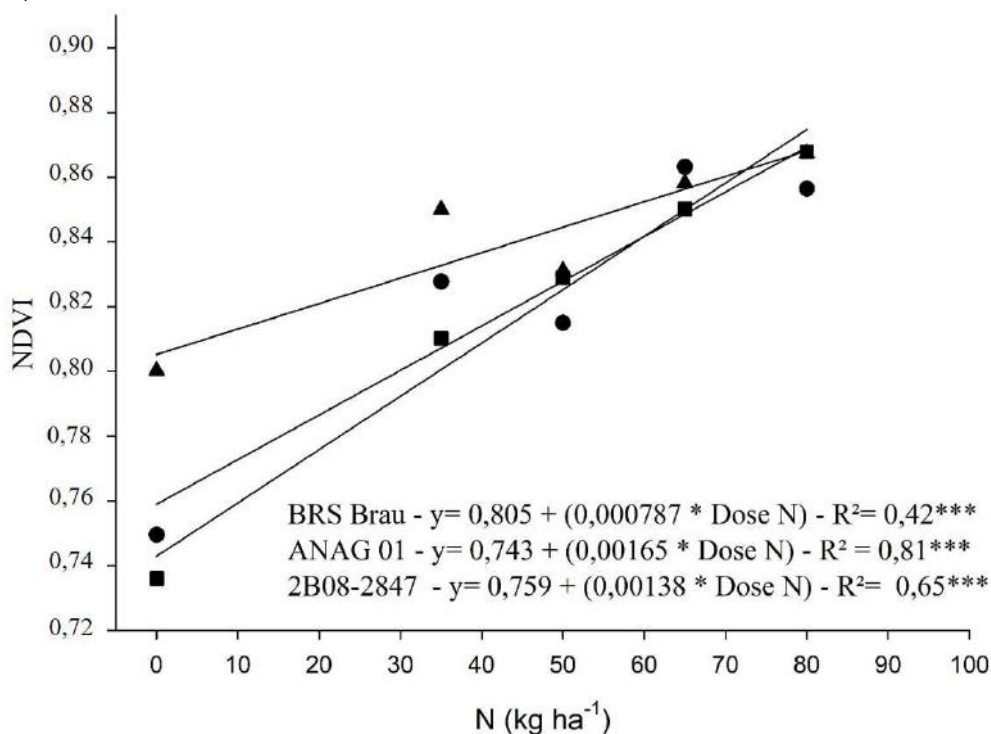
No alongamento, as correlações entre as variáveis avaliadas foram significativas (Tabela 3). O maior coeficiente de correlação foi observado entre biomassa e quantidade de N ( $r = 0,95$ ). Seguido da correlação entre a quantidade acumulada e o teor desse nutriente ( $r = 0,91$ ) (Shimakura, 2006). Da mesma forma, o coeficiente obtido entre a biomassa de parte aérea e o RG foi forte ( $r = 0,72$ ), indicando maior importância de avaliar as variáveis estudadas nesse estágio, em relação ao perfilhamento. Nesse sentido, as correlações entre o NDVI e as outras variáveis também foram superiores no alongamento do colmo. Nesse estágio, a biomassa e a quantidade de N foram as variáveis com maiores valores dos coeficientes de correlação, ao serem correlacionadas com o NDVI ( $r = 0,67$  e  $0,62$ , respectivamente) (Shimakura, 2006). As correlações

entre a biomassa e o NDVI foram, em geral, altas, pois esse índice está relacionado ao conteúdo de pigmento, proteína, carboidrato, entre outros componentes das folhas (Tilly, Aasen e Bareth, 2015). Logo, a refletância do dossel, e, conseqüentemente, os níveis de NDVI, aumentam com o acúmulo de biomassa (Misse e Gupta, 2018).

Por haver uma alta correlação entre o NDVI e biomassa de parte aérea, fez-se análise de regressão, a fim de verificar a influência dessas variáveis, em relação as doses de N. Os resultados obtidos indicaram aumento do NDVI em função das doses de N (Figura 1). Além disso, constatou-se, em todos os genótipos avaliados, que os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram fortes, e que os valores de NDVI aumentaram de forma linear com o acréscimo da dose de N. Contudo, quando a dose de N, aplicada no perfilhamento, foi maior que  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  esse índice não variou, em relação a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , indicando ausência de resposta de crescimento da cultura.

As análises de regressões indicaram que a cultivar ANAG01 foi a que obteve maior coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,81$ ), seguida da linhagem 2B08 ( $R^2 = 0,65$ ) e da cultivar BRS Brau ( $R^2 = 0,42$ ) (Figura 1).

Figura 1 - Variação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em função de doses de nitrogênio (N) em cobertura, aplicada no perfilhamento, em genótipos de cevada. FAMV/UPF, Passo Fundo, RS 2019.

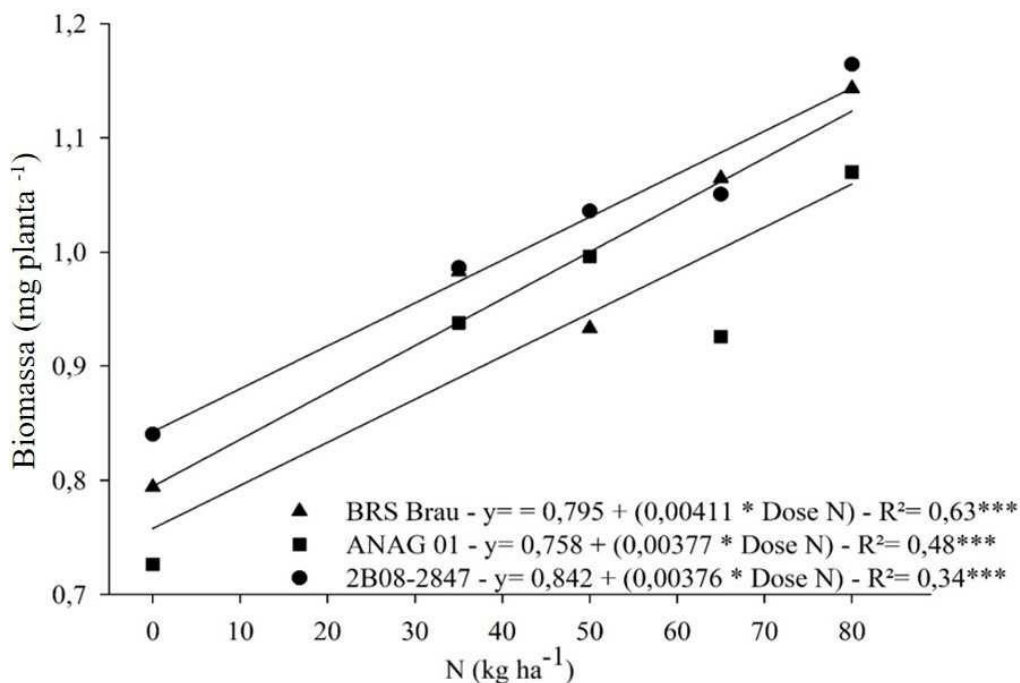


Legenda: \*\*\* significativo à 0,1%

Os resultados da regressão entre as doses de N e a biomassa de parte aérea foram semelhantes aos obtidos com o índice NDVI (Figura 2). A quantidade de biomassa aumentou linearmente com o acréscimo das doses de N. Quando expostas a condições de limitação de nutrientes, principalmente, de N, o crescimento e a expansão das células vegetais diminuem (Pankaj et al., 2015), o que explica os resultados obtidos com o aumento de doses desse nutriente. Em todos os genótipos a regressão foi significativa e os valores dos coeficientes de

determinação diferiram entre genótipos. Além disso, observou-se interação entre doses de N e o fator genótipo. O maior valor do coeficiente de determinação foi da cultivar BRS Brau ( $R^2 = 0,63$ ). Essa foi seguida da cultivar ANAG01 ( $R^2 = 0,48$ ) e da linhagem 2B08 ( $R^2 = 0,34$ ) (Figura 2).

Figura 2 - Variação da biomassa de parte aérea em função de doses de nitrogênio (N) em cobertura, aplicada no perfilhamento, em genótipos de cevada. FAMV/UPF, Passo Fundo, RS 2019.



Legenda:\*\*\* significativo à 0,1%

#### 4 CONCLUSÕES

O NDVI, avaliado no alongamento do colmo, estima de forma adequada a biomassa da parte aérea de genótipos de cevada, expressando a resposta dessa cultura a doses de nitrogênio.

#### REFERÊNCIAS

- FIORANI, F. e SCHURR, U. Future Scenarios for Plant Phenotyping. **Annual Review of Plant Biology**. v. 64, p. 267-291, 2013.
- FILIPPO, S., GENNARO, D., RIZZA, F., BADECK, F. W., DELBONO, S., GIOLI, B. e ZALDEI, A. UAV-based high-throughput phenotyping to discriminate barley vigour with visible and near-infrared vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**. v. 39, p. 5330-5344, 2017.
- HAMNÉR, K., et al. Field Crops Research In fluence of nitrogen supply on macro- and micronutrient accumulation during growth of winter wheat. **Field Crops Research**, v. 213,p. 118–129, 2017.

JOHANSEN, K. et al. Predicting biomass and yield at harvest of salt-stressed tomato plants using uav imagery. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. v.42 , p. 407-411, 2019.

KŘEN, J. et al. Yield and grain quality of spring barley as affected by biomass formation at early growth stages. **Plant Soil Environmental**. v. 60, p. 221–227, 2014.

MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 8, p. 141-150, 2000.

MINELLA, E. (ed) **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2017 e 2018** - Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada: Guarapuava, 2017, 104 p.

MISSE, P.T.E. e GUPTA, M. Sensor-based algorithms to improve barley nitrogen efficiency in Queensland. **African Journal of Agricultural Research**. v. 13, p. 1476-1486, 2018.

PANKAJ, S.C. et al. Growth and development pattern of barley varieties as influenced by date of sowing and nitrogen levels. **International Journal of Life Sciences**. v. 10, p.1299-1302, 2015.

SHIMAKURA, S.E. Interpretação do coeficiente de correlação. UFPR: Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>

STRECK, E.V., et al. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2018. 251 p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H. e VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995.

TILLY, N., AASEN, H. e BARETH, G. Fusion of plant height and vegetation indices for the estimation of barley biomass. **Remote Sensing**. v.7, p.11449-11480, 2015.

## INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DO COMPONENTE ARBÓREO SOBRE A DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO

### *Influence of tree component spacing on radiation availability*

William Savegnago<sup>1</sup>, Raphael Borgias Vareiro<sup>1</sup>, Larissa Karsburg<sup>1</sup>, Márcio Viera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima – nº 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [williamsssavagnago@hotmail.com](mailto:williamsssavagnago@hotmail.com), [rborgias@gmail.com](mailto:rborgias@gmail.com), [larissa.karsburg.570@gmail.com](mailto:larissa.karsburg.570@gmail.com), [marcio.viera@ufsm.br](mailto:marcio.viera@ufsm.br)

### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência do espaçamento do componente arbóreo na disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de um Sistema Silvipastoril implantado em Santa Maria – RS. Para isso, realizou-se avaliações da PAR aos 12 e 20 meses após o plantio da espécie arbórea, sendo o mesmo, um clone de *Eucalyptus saligna*, implantado em setembro de 2017 e a pastagem, estabelecida em abril de 2019 com a semeadura do azevém. As mudas de eucalipto foram plantadas em fileiras simples, tendo como tratamento os espaçamentos: 9 x 2 m (T1), 18 x 2 m (T2) e 27 x 2 m (T3). Na determinação da PAR, utilizou-se o aparelho APG-MQ-301. A PAR foi aferida nos diferentes espaçamentos, posições em relação às árvores e horários do dia. Além da aferição da PAR, realizou-se mensurações dendrométricas. O T3 demonstrou valores dendrométricos melhores para a maioria das características de interesse, em especial a altura. Observou-se que o componente arbóreo interfere na PAR incidente sob a pastagem. Aos 20 meses, as árvores chegam a bloquear até 74% da radiação em pontos próximos às plantas, variando significativamente durante o dia. Desta forma é importante que se tenha monitoramento constante e preciso das árvores e destas variáveis mensuradas.

**Palavras-chave:** Sistema Silvipastoril. Componente Arbóreo. Radiação Fotossinteticamente Ativa.

### ABSTRACT

The current study aimed to evaluate the influence of tree component spacing on the availability of photosynthetically active radiation (PAR) of a Silvipastoral System implanted in Santa Maria – RS. To this end, PAR evaluations were performed at 12 and 20 months after planting the tree species, being a clone of *Eucalyptus saligna*, implanted in September 2017 and pasture, established in April 2019 with ryegrass sowing. Eucalyptus seedlings were planted in single rows, with the treatment spacing: 9 x 2 m (T1), 18 x 2 m (T2) and 27 x 2 m (T3). In determining PAR, the apparatus APG-MQ-301 was used. The PAR was measured in the different spacings, positions in relation to the trees and times of the day. In addition to the PAR measurement, dendrometric measurements were performed. T3 showed better dendrometric values for most characteristics of interest, especially height, and it was observed that the tree component interferes with the incident PAR under pasture. At 20 months, trees even block up to 74% of radiation at points near plants, varying significantly during the day. Thus it is important to have constant and accurate monitoring of trees and these measured variables.

**Keywords:** Silvipastoral System. Tree Component. Photosynthetically Active Radiation.

## 1 INTRODUÇÃO

Um Sistema Silvipastoril (SSP) é uma modalidade do Sistema Agroflorestal (SAF), no qual referem-se às técnicas de produção com a integração entre animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra, onde as atividades silviculturais e de pecuária são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (GARCIA e COUTO, 1997).

Nestes sistemas os três componentes conseguem se desenvolver sem que interfiram no desempenho dos demais, garantindo assim, eficiência nas produções simultâneas e a conservação dos recursos naturais renováveis, além de uma diversificação para a propriedade.

Diversos benefícios ambientais em escala local e global, tem sido atribuído ao SSP (IBRAHIM et al., 2005; MICHEL et al., 2007). Os SSPs possuem vantagens potenciais, como a melhora do conforto térmico para os animais, em relação aos sistemas convencionais, desde que sejam implantados e manejados corretamente.

A radiação fotossinteticamente ativa PAR (do inglês – *Photosynthetically Active Radiation*) é a fração do espectro da radiação solar global entre os comprimentos de 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ , que é utilizada no processo de fotossíntese.

Esta tem relação direta com os espaçamentos, pois as projeções da sombra das árvores nos diferentes espaçamentos terão influência sobre as gramíneas do SSP.

O emprego de novas tecnologias no campo aumentará a eficiência da gestão florestal, além de permitir a coleta de grande quantidade de informações sobre o plantio. A otimização da mão de obra e o aumento da mecanização no campo aumentarão a competitividade do setor florestal brasileiro (MELO, 2016).

Dessa forma, objetivou-se determinar a influência do espaçamento do componente arbóreo de um SSP na radiação fotossinteticamente ativa (PAR) disponível para a pastagem, assim como a coleta de informações dendrométricas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O SSP deste experimento foi implantado no mês de setembro de 2017, na região central do Rio Grande do Sul, na Área Experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), abrangendo área total em torno de 4 hectares. Como componente arbóreo foi utilizado material clonal de *Eucalyptus saligna* associado com azevém e campo nativo.

O levantamento de dados dendrométricos e PAR, foram determinados em 12 meses após a implantação do sistema e em 20 meses do plantio. Os dados foram coletados em dois blocos (B2 e B3), sob três diferentes espaçamentos em cada, sendo esses os tratamentos: 9 x 2 m (T1), 18 x 2 m (T2) e 27 x 2 m (T3).

Os valores dendrométricos mensurados aos 12 meses foram a Altura (H) e Diâmetro de Copa (DC), abrangendo um total de 230 árvores. Entretanto, aos 20 meses foi mensurado o Diâmetro a Altura do Peito (DAP) devido as árvores apresentarem maior porte, sendo que plantas com altura inferior a < 1,5 metros foram excluídas desta análise, abrangendo 225 árvores. A área experimental é dividida em blocos, onde cada bloco possui 7 linhas de plantio, foram excluídas as linhas externas e duas dentro do bloco, em modo a pular estas linhas, as 3 plantas das extremidades da linha de plantio foram excluídas. Os equipamentos utilizados para a realização das aferições foram: régua altimétrica retrátil, paquímetro digital e fita métrica.

Para a determinação da PAR dentro dos tratamentos, estabeleceram-se quatro repetições em cada espaçamento, demarcando-se as seguintes posições de aferição: T1 – Interior da Copa (IC), Linha (L), 1 m da planta, 2,5 m, 4,5 m, 6,5 m, 8 m, Linha Oposta (LO) e Interior da Copa Oposta (ICO) à linha; T2 – IC, L, 1 m, 2,5 m, 4,5 m, 9 m, 13,5 m, 15,5 m, 17 m, LO e ICO; T3 – IC, L, 1 m, 2,5 m, 4,5 m, 9 m, 13,5 m, 18 m, 22,5 m, 24,5 m, 26 m, LO e ICO, totalizando 132 pontos de amostragem e além destes, delimitou-se um ponto a pleno sol o qual foi medido no início e no fim de cada amostragem. As linhas de aferição foram georreferenciadas com o auxílio do aplicativo de celular “GPS Fields Area Measure PRO”. Os pontos foram aferidos em uma altura fixa de 70 cm nas duas avaliações. Para a medição da PAR, utilizou-se o sensor de radiação PAR, modelo APG-MG-301®, o qual possui unidade de medida em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

As aferições da PAR foram realizadas nos dias 16 de outubro de 2018 (12 meses) e 5 de junho de 2019 (20 meses). Para essas, foram escolhidos dias com poucas nuvens para evitar a interferência sobre a radiação incidente. Ambas aferições da PAR ocorreram a com intervalo de 2 horas, tendo início às 08:00 h. A avaliação da vegetação aos 12 meses foi finalizada às 18:00 h e a de 20 meses às 16:00 h, sendo essa diferença justificada pela diferença das horas de sol nestas diferentes épocas, onde para 20 meses as 18:00 h já estaria vigente luz crepuscular dando início à noite, onde a taxa de fotossíntese é extremamente baixa ou nula.

A partir dos resultados, foram gerados gráficos onde pôde-se obter a relação do valor da resposta espectral em cada horário na determinação da radiação. Além disso, foram obtidos os valores da taxa de interceptação em percentagem para cada ponto e horário para a análise aos 20 meses. Para o cálculo da taxa de interceptação da PAR utilizou-se a seguinte equação de Eloy et al. (2012):

$$\% \text{ interceptação} = 100 - [(RA / RPS) \times 100]$$

Onde:

RA = PAR no determinado ponto e horário ( $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );

RPS = PAR média [(valor inicial + valor final) / 2] no ponto a pleno sol em cada determinado horário ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );

% interceptação: taxa de interceptação.

Dos valores obtidos pelo sensor, projetou-se cada tratamento nos respectivos horários para a observação e análise da interferência das copas sobre a PAR no sistema e a influência desta sobre as espécies forrageiras.

Com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica, através do *software* ArcGIS® 10.5, foi criado um *shapefile* de pontos com as distintas distâncias entre as aferições para cada tratamento, sendo inseridos na tabela de atributos do arquivo, os valores obtidos pela PAR. Posteriormente, realizou-se as interpolações dos dados da PAR, aonde o resultado final foram os valores divididos em 10 classificações, as quais foram representadas nas imagens pelo gradiente de cores escolhido, em um arquivo do tipo *raster*.

Para a composição final das representações das interpolações, as imagens foram tratadas e editadas, nas quais foram rotacionadas a fim de estarem de acordo com o posicionamento original do experimento a campo. Do mesmo modo, adicionou-se as distâncias entre pontos em forma de texto junto de imagens representativas de árvores para melhor composição da ilustração.

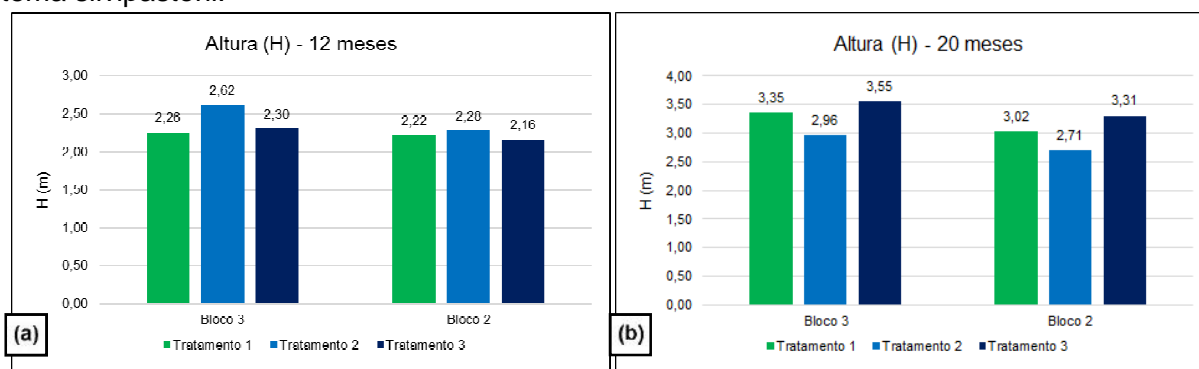


### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ambas análises, dendrométricas e da PAR, foi utilizado os valores médios entre os tratamentos dos blocos. Nas análises dendrométricas no primeiro ano de aferição, para os valores de altura total (H), as árvores no espaçamento 18 x 2 m (T2) alcançaram média entre blocos de 2,49 m com desvio padrão (DP) de  $\pm 0,17$ , enquanto no espaçamento 9 x 2 m (T1) obteve-se 2,24 m (DP  $\pm 0,02$ ) e no espaçamento 27 x 2 m (T3) observou-se 2,23 m (DP  $\pm 0,07$ ) (Figura 1a).

Observa-se que o T3 teve um crescimento médio de 1,8 m em 8 meses, comparado a 0,95 cm (diferença de 0,85 cm) para o T1 e 0,35 cm (diferença de 1,45 m) do T2, uma diferença do T3, tendo quase o dobro de crescimento do T2 e mais que cinco vezes o valor de T1 (Figura 1b).

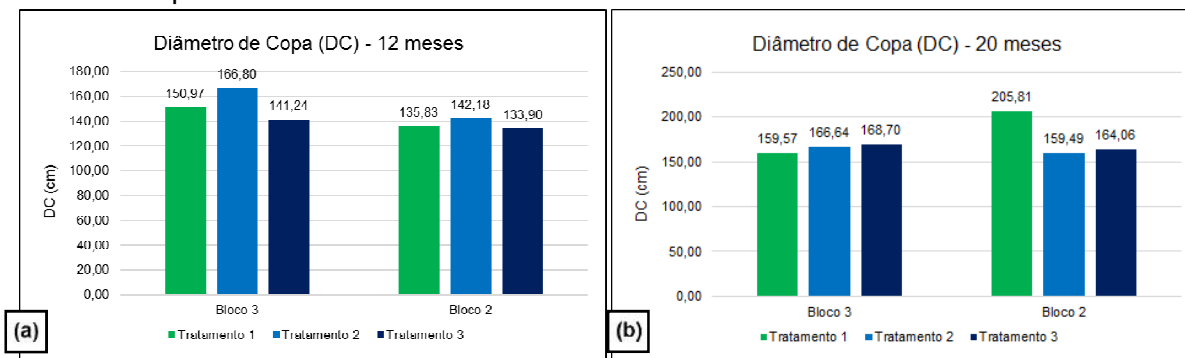
Figura 1 – Altura total (H) para 12 meses e 20 meses de idade do componente arbóreo em sistema silvipastoril.



Fonte: Autores (2019).

Os valores de diâmetro de copa (DC) para os tratamentos no primeiro ano, seguiram a mesma tendência dos apresentados para a H, com o T2 = 154,49 cm (DP  $\pm 12,31$ ), T1 = 143,40 cm (DP  $\pm 7,57$ ) e T3 = 137,57 cm (DP  $\pm 3,67$ ) (Figura 2a). Porém, aos 20 meses de idade, observou-se uma variação, demonstrando os seguintes valores: T1 = 182,69 cm (DP = 23,12), T3 = 166,38 cm (DP  $\pm 2,32$ ) e T2 = 163,07 cm (DP  $\pm 3,57$ ) (Figura 2b).

Figura 2 – Diâmetro de Copa (DC) para 12 meses e 20 meses de idade do componente arbóreo em sistema silvipastoril.

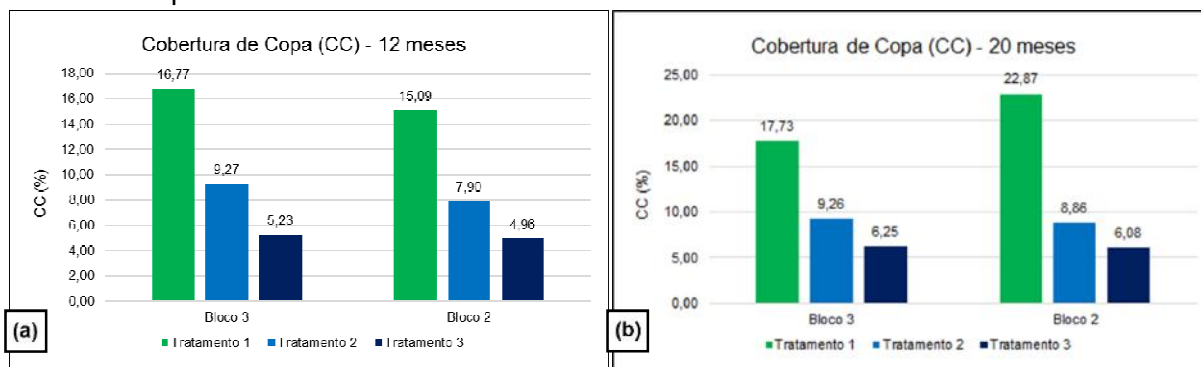


Fonte: Autores (2019).

A partir dos dados de DC, calculou-se as porcentagens de cobertura de copa (CC) para os dois momentos e os tratamentos. O T1 obteve a maior média de CC no primeiro ano, com 15,9 %,

seguido pelo T2 (8,6 %) e T3 (5,1 %) (Figura 3a). Aos 20 meses a variável seguiu comportamento similar ao anterior, com T1 (20,3 %), T2 (9,1%) e T3 (6,2%) (Figura 3b).

Figura 3 – Cobertura de Copa (CC) para 12 meses e 20 meses de idade do componente arbóreo em sistema silvipastoril.

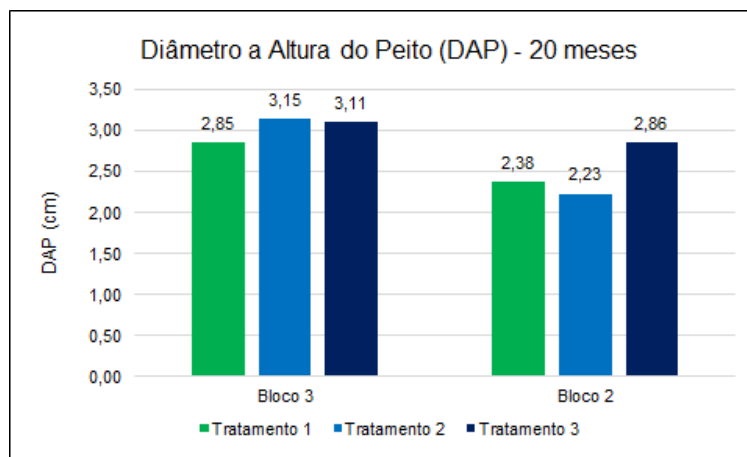


Fonte: Autores (2019).

Com relação a CC, quando a mesma englobar valores próximos de 30%, recomenda-se a realização de desramas e desbastes, a fim de manter a luminosidade adequada no solo e a consequente produção de pastagem, permitindo o bom desempenho do animal nesse sistema (CORDEIRO et al., 2015). Assim sendo, observou-se que o T1 alcançou um valor médio considerável de CC após 20 meses e mais especificamente, o T1 do B2, em 8 meses teve uma elevação de 7,78%, ou seja, se crescer no mínimo a mesma porcentagem nos próximos 8 meses, deverá ocorrer uma desrama/desbaste específico no tratamento desse bloco.

Por fim, o DAP medido somente aos 20 meses apresentou a maior média no T3 = 2,98 cm (DP ± 0,12), seguido pelo T2 = 2,69 cm (DP ± 0,46) e T1 = 2,62 cm (DP ± 0,23) (Figura 4). Com os valores de DAP apresentados, constata-se a diferença de 0,29 cm do (T3-T2) e 0,36 cm do (T3-T1). O T3 foi o que apresentou valores de DAP mais constantes entre os dois blocos, variando 0,25 cm perante 0,47 cm (T1) e 0,92 cm (T2).

Figura 4 – Diâmetro a Altura do Peito (DAP) aos 20 meses de idade do componente arbóreo em sistema silvipastoril.

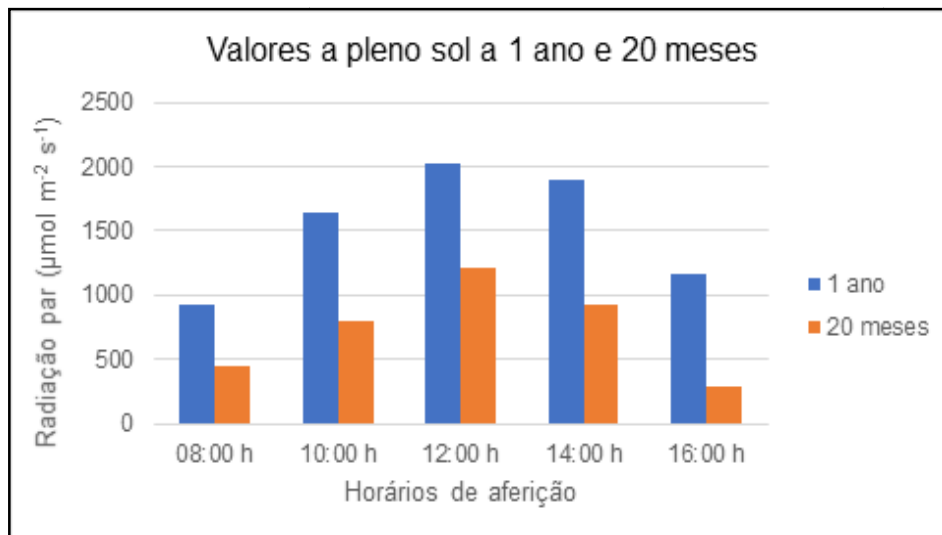


Fonte: Autores (2019).

Este SSP foi instalado no sentido em que as linhas de plantio apontem a nordeste. Desse modo, no primeiro momento de avaliação da PAR, às 08:00 h, o sol ainda estava em posição acerca de leste, projetando uma sombra em sentido próximo ao lado oeste.

A intensidade radioativa aos 12 meses foi muito maior comparada a dos 20 meses. No primeiro ano a média geral da radiação a pleno sol até as 16:00 h foi de  $1531 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  enquanto aos 20 meses foi de  $738 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Isso pode ser explicado pela época do ano em que foi realizada a avaliação, sendo a primeira, na primavera/verão, e a segunda no outono/inverno. Segundo o site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a estação solar presente em Santa Maria – RS, captou na primeira aferição (16 de outubro de 2018) uma insolação total diária  $> 10$  h, já na segunda avaliação (05 de junho de 2019) a insolação total diária foi  $< 8$  h. Portanto nesses períodos as radiações incidentes (horas de insolação) são distintas (Figura 5).

Figura 5 – Comparação entre valores a pleno sol até as 16:00 h nos diferentes períodos de aferição.



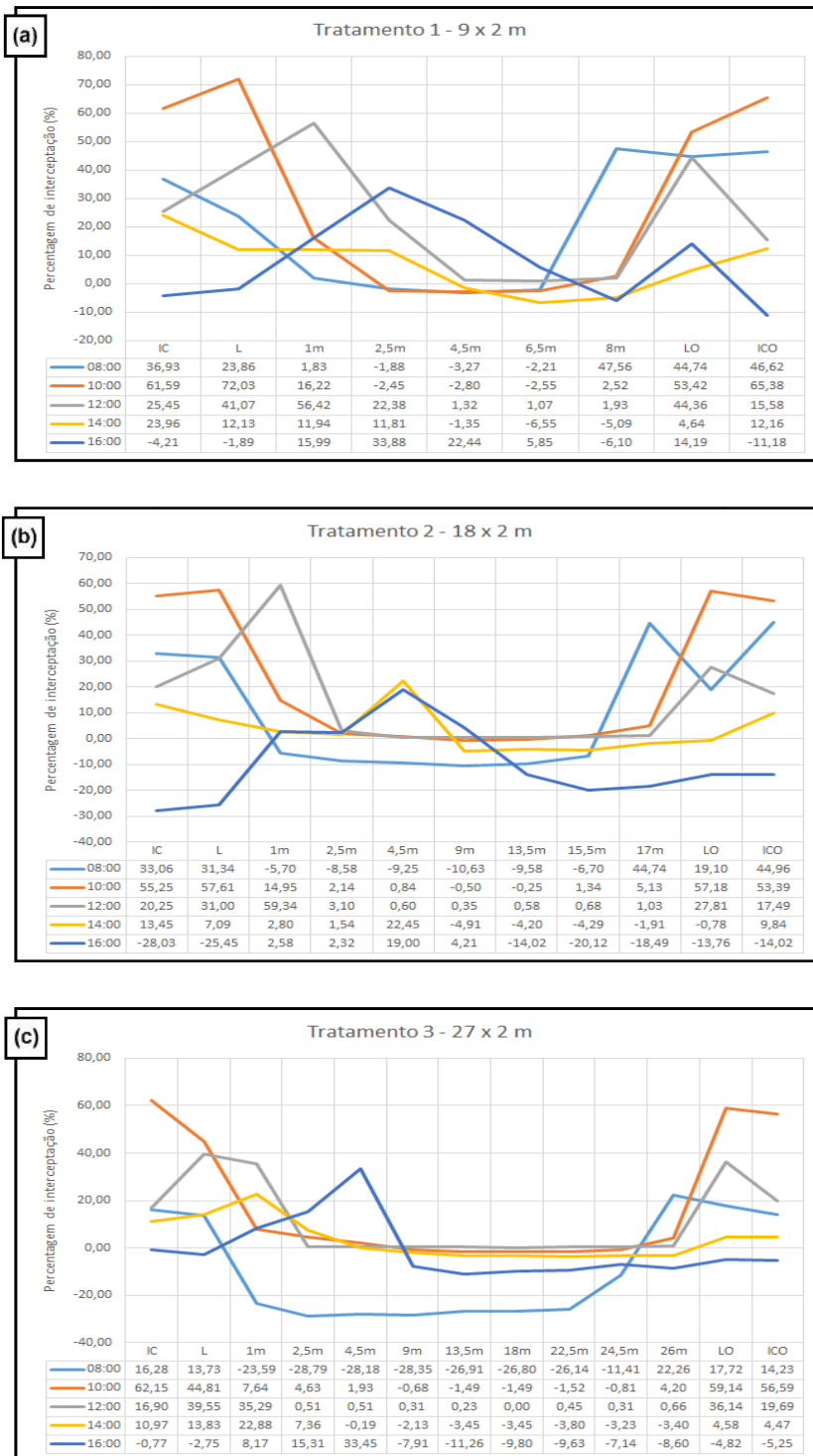
Fonte: Autores (2019).

Foram gerados gráficos correlacionando os valores de interceptação (%) PAR, exercido pelas copas das árvores, em cada ponto de aferição e em cada horário, a Figura 6 apresenta os gráficos gerados para os 20 meses do SSP.

Nos tratamentos em geral, nota-se que as maiores variações da PAR ocorreram próximas às plantas (até 1 m) onde há maior interferência das copas sobre a radiação incidente), mas, em especial as 16:00 h esta projeção muda, tendo maiores níveis de interceptação a 2,5 e 4,5 m. As discrepâncias das curvas gráficas nos diferentes tratamentos e horários são pequenas, mas é evidente que aos 20 meses da implantação do sistema, isto devido a época da análise, a intensidade da PAR é reduzida se comparada a um ano do sistema, chegando a valores de até  $\sim 1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  aos 20 meses e maiores que  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  em um ano (Figura 7).

Como foi feita a média da PAR em pleno sol no início de no fim de cada aferição alguns valores aferidos nos pontos de medição deram acima desta média o que resultou em percentagens negativas de interceptação, o que indica que não houve nenhuma interferência das copas nestes pontos.

Figura 6 – Porcentagens de interceptação da PAR pelas copas no (a) T1, (b) T2 e (c) T3.

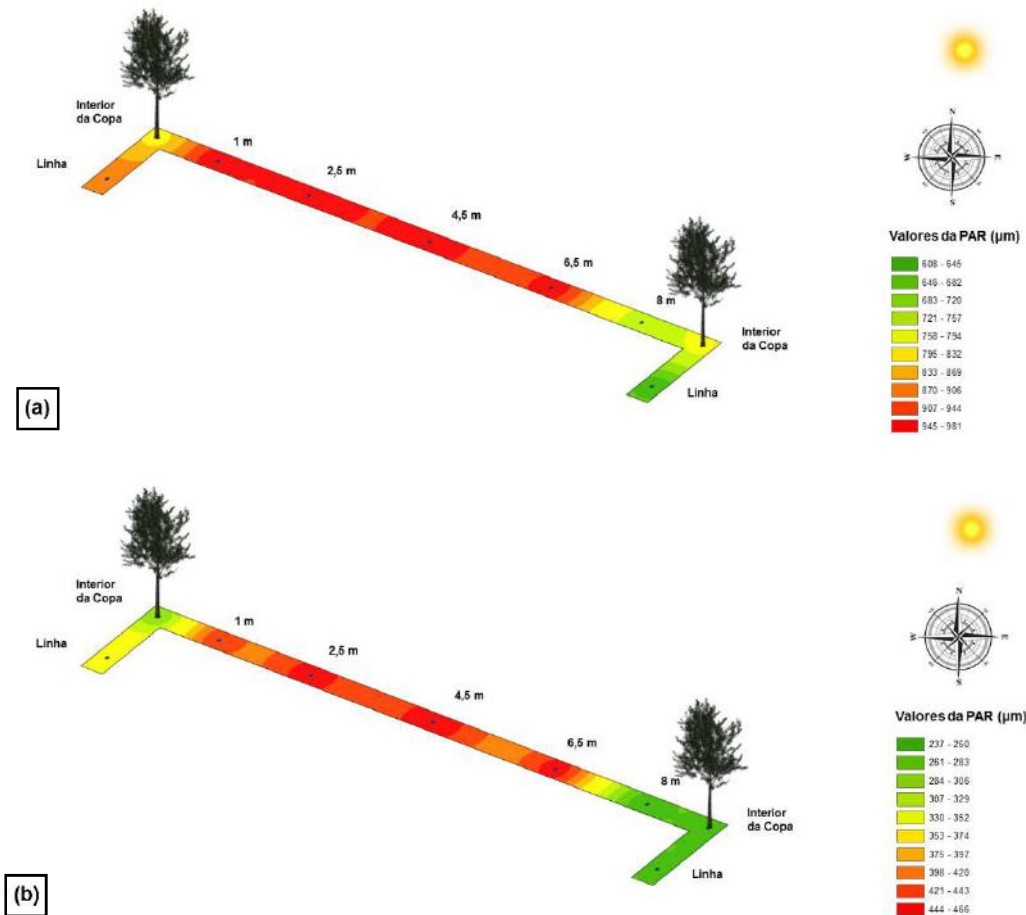


Fonte: Autores (2019).

Para ser melhor observada a ação das copas da espécie arbórea, em matéria de sombreamento sobre a espécie forrageira, foram feitas projeções das árvores e a localização do sol em relação aos valores da PAR para o T1 (Figura 7) e T3 (Figura 8) como forma de

exemplificação.

Figura 7 – Interação da PAR no T1 às 08:00 h aos (a) 12 meses e (b) 20 meses de idade do componente arbóreo em sistema silvipastoril.

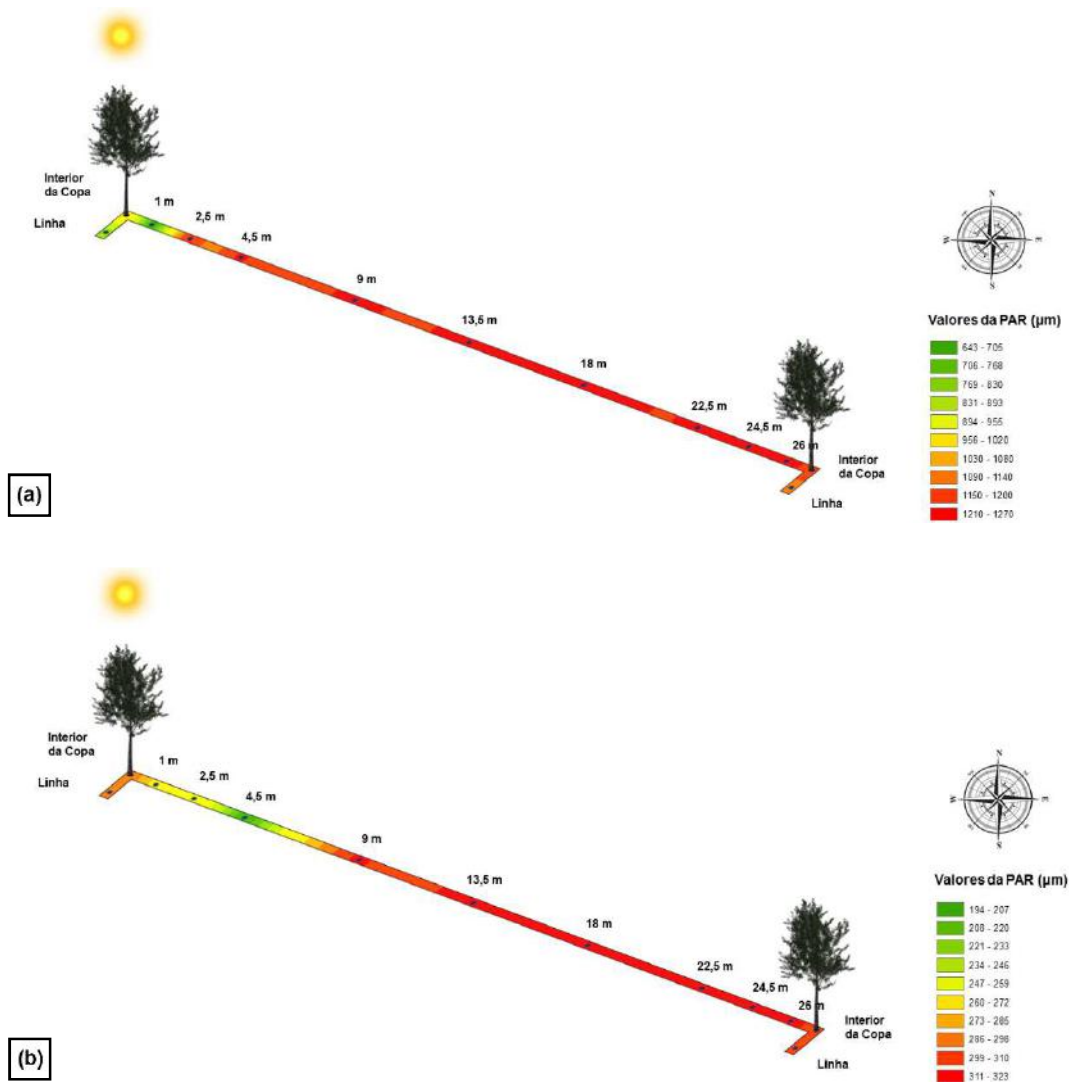


Fonte: Autores (2019).

Independentemente dos horários das aferições, o sombreamento exercido pelas árvores não está diretamente embaixo das plantas, o que indica que quando estas estiverem com maior porte, a projeção da sombra atingirá as plantas da linha oposta, podendo afetar de forma diferente o crescimento das plantas em cada tratamento.

Além disso é observado que há diferenças no desenvolvimento das plantas em cada espaçamento (T1, T2 e T3), em especial quanto à H e CC. De acordo com Leles, et al. (1995), o espaçamento pode afetar o desenvolvimento principalmente para as espécies de rápido crescimento; o espaçamento inadequado pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas, diminuindo a produtividade da floresta, em razão da intensa competição intraespecífica por água, nutrientes, luz e espaço. Segundo Caldeira e Oliveira (2008), onde há a redução da luz lateral individual, pelo contato entre as copas das árvores, e há menor disponibilidade de água e nutrientes no solo.

Figura 8 – Interação da radiação no T3 às 16:00 h aos (a) 12 meses e (b) 20 meses de idade do componente arbóreo em sistema silvipastoril.



Fonte: Autores (2019).

#### 4 CONCLUSÃO

Com relação ao componente arbóreo, o T3 demonstrou valores dendrométricos mais significativos em razão da menor porcentagem de cobertura de copa após os 20 meses da implementação do estudo.

Quanto a PAR, aos 20 meses para as 08:00 h houve uma interceptação da PAR de 36,93 % no interior da copa e 23,86 % a um metro da planta, até às 14:00 h as maiores variações da interceptação se concentraram até um metro das plantas, assim como os valores da PAR, mas as 16:00 h a interceptação foi visível nos pontos a 1 m, 2,5 m e 4,5 m, indicando diferença em acordo a posição solar neste horário de aferição.

Foi observado que o componente arbóreo num sistema silvipastoril interfere na radiação fotossinteticamente ativa que incide sobre a pastagem. Aos 20 meses de idade as árvores chegam a bloquear até 74% da radiação em pontos próximos às plantas, variando durante o dia. Futuramente quando as árvores estiverem adultas e apresentarem porte elevado, essas variações de radiação serão mais evidentes, podendo responder algumas questões importantes do sistema silvipastoril em relação ao efeito da densidade de plantio da espécie arbórea sobre a produção de biomassa da pastagem. Desta forma é importante que se tenha monitoramento constante e preciso das árvores e destas variáveis mensuradas (dendrometria e PAR), coletando dados de forma padronizada e os armazenando e interpolando por via digital.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. Inf; Forragicultura e pastagens: temas em evidência, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2002, p. 31-76.
- CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p.
- GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 447-471.
- IBRAHIM, M.; VILANUEVA, C.; MORA, J. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. In: MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRORODRIGUEZ, A.; McADAM, J. (Ed.). *Silvopastoralism and sustainable land management: International congress on silvopastoralism and sustainable management, 2004, Lugo, Spain*. **Anais...** Oxfordshire: CABI International, 2005. p. 13-18.
- MICHEL, G. A.; NAIR, V. D.; NAIR, P. K. R. Silvopasture for reducing phosphorus loss from subtropical sandy soils. **Plant and Soil**, v. 297, p. 267-276, 2007.
- MELO, E. A. S. C. Desafios e oportunidades para a Silvicultura de Precisão: uma síntese do congresso brasileiro de agricultura de precisão de 2014. **Série Técnica IPEF**, vol. 24, n. 45, 2016.
- Eloy E, Caron BO, Behling A, Elli EF, Gean CM (2012) Influência do espaçamento na interceptação de radiação do dossel vegetativo de espécies arbóreas. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.8(14): 685.
- LELES, P. S. S. **Crescimento alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em E. camaldulensis e E. pellita sob diferentes espaçamentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 133 p. Dissertação (Mestrado em Solo e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazonica**.



## ANÁLISE TEMPORAL NA CULTURA DA SOJA POR MEIO DO SENSORIAMENTO REMOTO TERRESTRE E CARTAS DE CONTROLE

Temporal analysis in soybean crop through terrestrial remote sensing  
and control charts

Franciele Morlin Carneiro<sup>1</sup>, Raphael Santa Barbara Rodrigues<sup>1</sup>, Patricia Candida de Menezes<sup>2</sup>, Alex Rangel Gonzaga<sup>1</sup>, Samira Luns Hatum de Almeida<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Angeli Furlani<sup>1</sup>, Rouverson Pereira da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP, Brasil. E-mails: [franmorlin1@gmail.com](mailto:franmorlin1@gmail.com), [raphael.sb.rodrigues@gmail.com](mailto:raphael.sb.rodrigues@gmail.com), [alexgonzaga.agr@gmail.com](mailto:alexgonzaga.agr@gmail.com), [samiraluns@hotmail.com](mailto:samiraluns@hotmail.com), [eduardo.furlani@unesp.br](mailto:eduardo.furlani@unesp.br), [rouverson@gmail.com](mailto:rouverson@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) / Colorado do Oeste - RO, Brasil. E-mail: [patricia.menezes@ifro.edu.br](mailto:patricia.menezes@ifro.edu.br)

### RESUMO

Vendo a necessidade de novas análises estatísticas na área de sensoriamento remoto para a melhor compreensão dos resultados obtidos pela reflectância do dossel do cultivo, surge a necessidade de novas análises temporais. Assim, objetivou-se monitorar o desenvolvimento da cultura da soja de forma temporal por meio do sensoriamento remoto terrestre e com as cartas de controle, e ainda possibilitar a identificação da saturação do NDVI. O delineamento experimental foi baseado nas premissas básicas do Controle Estatístico de Qualidade. Aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS) foi avaliado os indicadores de qualidade: biomassa seca, índice de clorofila, NDVI e produtividade. A utilização das cartas de controle foi fundamental para o monitoramento do processo e facilitou a identificação no momento em que ocorre a saturação do NDVI, que foram aos 75 e 90 DAS. Concluiu-se que as cartas de controle podem ser promissoras ferramentas estatísticas por proporcionaram, o melhor entendimento das características biofísicas do cultivo e no monitoramento do índice de vegetação.

**Palavra-chave:** Agricultura de precisão. Controle estatístico de qualidade. Glycine max L.

### ABSTRACT

Seeing the need for further statistical analysis in the remote sensing area for a better understanding of the results obtained by the canopy reflectance of the crop, the need arises to new temporal analyzes. Thus, the objective was to monitor the development of soybean crop in a timely manner through terrestrial remote sensing and control charts, as well as to enable the identification of NDVI saturation. The experimental design was based on the basic premises of the Statistical Quality Control. At 30, 45, 60, 75 and 90 days after sowing (DAS) quality indicators were evaluated: dry biomass, chlorophyll index, NDVI and yield. The use of control chart was fundamental to the process monitoring and facilitated the identification at the moment of NDVI saturation, which were at 75 and 90 DAS. It was concluded that the control charts can be promising statistical tools by providing a better understanding of the biophysical characteristics of the crop and in monitoring the vegetation index.

**Keywords:** Precision agriculture. Statistical quality control. Glycine max L.

## 1 INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão (AP) consiste de um conjunto de princípios e tecnologias aplicados no manejo da variabilidade espacial e temporal associada à produção agrícola, tendo

como meta o aumento da produtividade das culturas e a qualidade ambiental (PIERCE; NOWAK, 1999). Na prática, esse novo conceito de gestão agrícola visa à obtenção e processamento de informações detalhadas sobre as áreas de cultivo de uma propriedade, visando determinar estratégias de manejo individualizadas para cada área em específico (RESENDE et al., 2010).

Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas e colocadas à disposição do mercado, para que se possam gerar dados de confiança quanto ao potencial produtivo da cultura, e informações detalhadas sobre a variabilidade de parâmetros biofísicos ligados à produtividade em grandes áreas (Motomiya et al., 2012).

De acordo com Molin et al. (2005), o correto entendimento das variáveis associadas à variabilidade espacial da produtividade dentro de um talhão ainda é deficiente, tornando necessário encontrar um modo de avaliar essa variabilidade de forma prática.

Para isso estão sendo desenvolvidos sensores que permitem gerar dados de forma rápida, eficiente e menos onerosas do que outros diferentes sistemas de levantamento. Esses sensores fornecem estimativas confiáveis quanto ao potencial produtivo da cultura, e informações detalhadas sobre a variabilidade de parâmetros biofísicos ligados à produtividade em grandes áreas, apresentando potencial para o monitoramento destes parâmetros ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento da cultura (MOTOMIYA et al., 2012).

Dentro da agricultura de precisão há várias geotecnologias e uma que vem se destacando são as técnicas de sensoriamento remoto pela obtenção de dados precisos e em tempo real. De acordo com Motomiya et al. (2012), as técnicas de sensoriamento remoto surgem como instrumental de elevado potencial, tanto na coleta como no processamento de dados referentes às áreas agrícolas. Tais técnicas permitem a obtenção de informações de objetos (alvos) a partir de plataformas remotas, montadas em tratores ou em outros veículos (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001). Há vários tipos de plataformas que os sensores podem ser embarcados podendo obter em três níveis de coletas, como: orbital (satélite) aéreo (VANTs – Veículos Aéreos Não Tripulados) e terrestres (motos, bicicletas, tratores). O sensoriamento remoto realizado por meio de plataformas terrestres pode ser chamado de sensoriamento proximal.

Para Molin (2003), o sensoriamento proximal consiste na técnica de se observar ou coletar dados de corpos (alvos) sem o contato físico por meio da utilização de sensores ópticos ativos, que estão instalados no máximo a uma distância de dois metros da planta. A mensuração da reflectância espectral é a abordagem sem contato e não destrutiva mais promissora para a determinação de parâmetros biofísicos ligados ao estado de sanidade da cultura (TUMBO et al. 2002).

Segundo Ma et al. (2001), as técnicas de sensoriamento proximal, em particular a refletância multiespectral do visível e do infravermelho, podem proporcionar dados para realizar correlações entre a refletância do dossel da planta e a biomassa existente acima do solo, que podem vir a serem usadas para obter estimativas da produtividade das culturas.

Foi realizado neste presente trabalho o monitoramento do desenvolvimento da cultura da soja por meio do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ). Segundo Bonilla (1995), o CEQ é um conjunto de ferramentas úteis para a resolução de problemas para o alcance da estabilidade do processo e aumento da capacidade por meio da redução da variabilidade.

O controle de qualidade é perfeitamente adaptável ao sistema de produção agrícola, pois com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, haverá redução no custo de operações e aumento na produtividade (BONILLA, 1994). De acordo com Kume (1993) e Montgomery (1985), a carta de controle é uma das principais ferramentas utilizadas no Controle Estatístico de Qualidade.

A relevância deste presente trabalho é a adoção do CEQ, análise estatística não muito

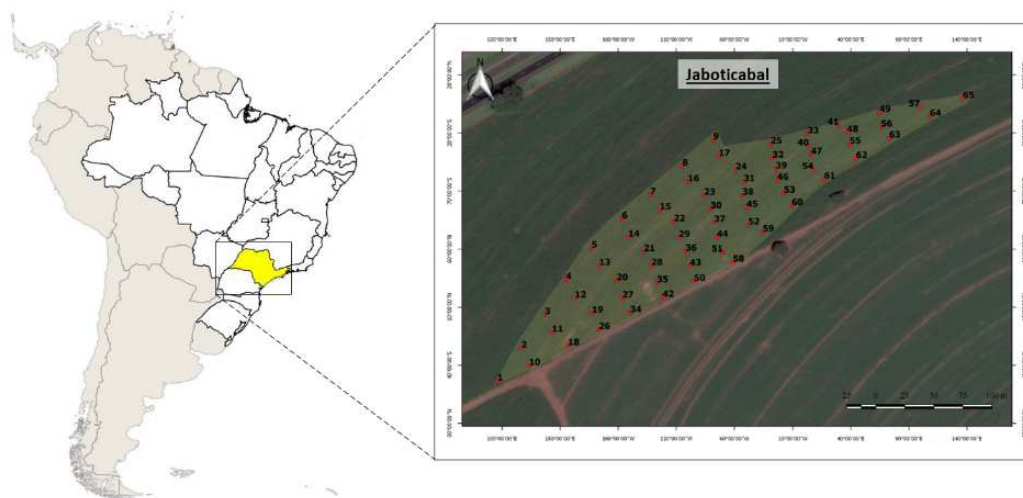
usual na área de sensoriamento remoto. Para justificar a importância da utilização desta estatística pode-se verificar que na área agrícola trabalhos obtiveram resultados promissores tais como de Menezes et al. (2018), Zerbato et al. (2017), Tavares et al. (2018) e dentre outros, demonstrando o quanto o CEQ tem potenciais ferramentas estatísticas.

Diante deste contexto, objetivou-se com este trabalho monitorar o desenvolvimento da cultura da soja de forma temporal por meio do sensoriamento remoto terrestre e com as cartas de controle do CEQ aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS), e ainda possibilitar a identificação do momento em que ocorre a saturação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A análise temporal do sensoriamento remoto terrestre foi realizada em área agrícola brasileira (Figura 1) na safra 2016/17 no município de Jaboticabal, estado São Paulo, pertencente à FEPE - Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, localizada nas coordenadas geodésicas 21°15'19.6"S e 48°15'38.5"W com altitude média de 605 m.

Figura 1 - Localização da área experimental para a análise temporal do sensoriamento remoto



De acordo com a classificação climática de Köppen desta área é Aw (ALVARES et al., 2013), com temperatura média de 22,2°C. O período de chuva ocorre entre os meses de outubro a março, com pluviosidade média anual de 1424 mm (SILVA, 2013).

O delineamento experimental foi baseado nas premissas básicas do Controle Estatístico de Qualidade – CEQ (MONTGOMERY, 2009). Foram 65 pontos amostrais, georreferenciados com o receptor de navegação R6 com sinal de correção RTK (Real Time Kinematic). Os pontos amostrais possuíam GRID 30 x 30 m com área amostral de 4,5 m<sup>2</sup>. Aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS) foram realizadas as avaliações dos indicadores de qualidade, sendo: as características agrônômicas do cultivo (biomassa seca, índice de clorofila e produtividade) e o índice de vegetação.

O monitoramento dos estádios de desenvolvimento do cultivo foi feito por meio do

sensoriamento remoto com a utilização do sensor óptico ativo o GreenSeeker, da Trimble, modelo 500, com o tempo de leitura entre 1 a 2 seg. Este sensor emite uma luz eletromagnética com o comprimento de onda na banda do vermelho a  $656\pm 25$  nm e do infravermelho próximo em  $774\pm 25$  nm, e a luz refletida pela planta é captada pelo sensor. Com a coleta da refletância, o sensor calcula automaticamente o NDVI (MOTOMIYA et al., 2014). De acordo com Rouse et al. (1973), o NDVI é utilizado para quantificar o crescimento da cultura (Tabela 1).

Tabela 1 - Índices de vegetação e as citação correspondente.

Índice de vegetação	Cálculo do índice	Fonte
NDVI	$NDVI = \frac{F_{NIR} - F_{Red}}{F_{NIR} + F_{Red}}$	Rouse et al. (1973)

NDVI: Normalized Differential Vegetation Index, NIR: frações de emissão no infravermelho próximo, Red: frações de emissão do vermelho, NIR: 774 nm, Red: 656 nm.

Os valores do NDVI variam de -1 a 1, dados negativos representam as nuvens, água e objetos com umidade alta, os que estiverem próximos de zero correspondem ao solo sem vegetação, vegetação seca (palha) e estágio inicial do crescimento da cultura; e os que forem maiores que zero representam a vegetação. Assim, quanto maior o vigor de crescimento da planta, maior será o valor do NDVI (LIU, 2006; ZANZARINI et al., 2013).

As análises dos parâmetros de qualidade, seguiram a seguinte metodologia:

- Índice de clorofila: as leituras foram feitas no trifólio médio da planta, avaliando 3 folhas por parcela, sendo feita 3 leituras por folha, com intuito de aumentar ainda mais a precisão da leitura. Estas leituras foram quantificadas por meio do clorofilômetro da marca Marcone, modelo CCM-200 plus; com precisão de  $\pm 1$  unidade CCI (Índice de Conteúdo de Clorofila); com área amostral do equipamento de 1 cm de diâmetro.

- Biomassa seca: para a coleta da biomassa utilizou-se uma armação com área de  $0,25 \text{ m}^2$ . As plantas foram cortadas rente ao solo com auxílio de uma faca, de modo a desconsiderar as raízes. As plantas coletadas foram colocadas em sacos de papel pesadas para obtenção da massa úmida, depois foram colocadas em uma estufa com circulação na temperatura de  $65^\circ\text{C}$  por 72 h (GOBBI et al., 2009; GROHS et al., 2009), posteriormente foram novamente pesadas para a obtenção de massa seca. As amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica;

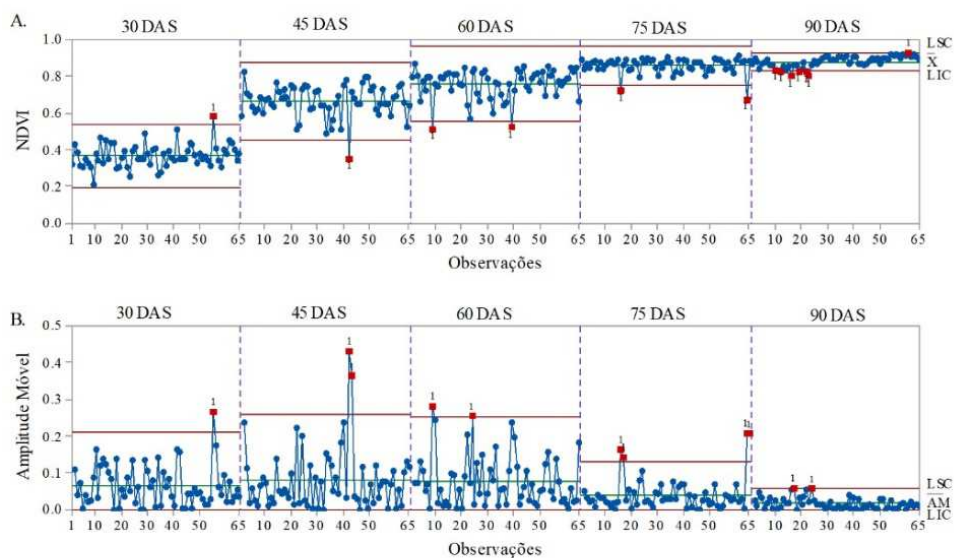
- Produtividade da soja: foi realizada com armação com área de  $0,45 \text{ m}^2$ . Coletaram-se as plantas cortando-as rente ao solo e foram levadas para serem trilhadas em uma colhedora de parcelas combinadas da marca Wintersteiger Seedmech, modelo Nursey Mster Elite, obtendo grãos limpos, no qual foram pesados e os dados foram transformados em  $\text{kg ha}^{-1}$  (BERTOLIN et al., 2010).

Os indicadores de qualidade foram analisados pelo Controle Estatístico de Qualidade, utilizando a ferramenta CEP – Controle Estatístico de Processo por meio das cartas de controle de valores individuais, e de amplitude para observar o comportamento dos dados ao longo do tempo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas cartas de controle de valores individuais (Figura 2A) e de amplitude móvel (Figura 2B) para o indicador de qualidade NDVI é possível observar menor variabilidade aos 75 e 90 DAS por causa do maior desenvolvimento da cultura e que ocasionou a saturação do NDVI. Isso também foi constatado por Myneni et al. (2002) que verificaram a impossibilidade de mensurar e caracterizar as variações do dossel, e diferenciar as áreas dos dosséis vegetativos em razão da saturação do NDVI. Outros autores obtiveram resultados semelhantes quanto ao problema de saturação do NDVI, tais como, Feng et al. (2016), Taskos et al. (2015), Amaral et al. (2015) e entre outros. Em complemento, de acordo com Zanzarini et al. (2013), o NDVI tem um fator limitante, que consiste na rápida saturação a partir de determinado estágio de desenvolvimento, em virtude do incremento da biomassa, havendo estabilidade na leitura.

Figura 2 - Carta de controle de valores individuais (A) e de amplitude móvel (B) para o indicador índice de vegetação o NDVI aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS).



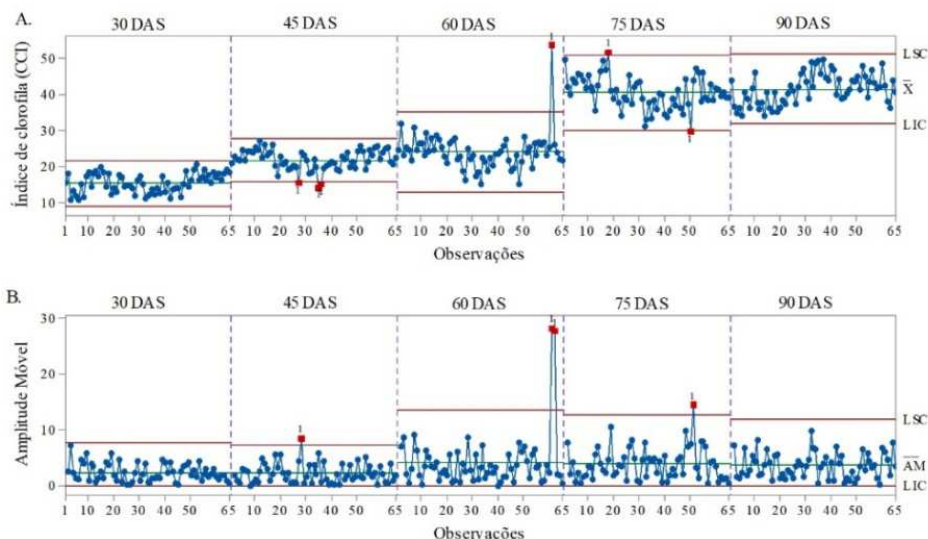
Nos estádios iniciais de crescimento do cultivo há grande influência do solo sobre as leituras do sensor remoto terrestre, devido a planta ter pouco desenvolvimento da arquitetura aérea não conseguindo cobrir o solo, isto é, a cultura ainda apresenta dossel incompleto, por consequência, haverá não apenas a refletância da planta como também a do solo. Isto também foi verificado por Feng et al. (2016) que constataram que a reflectância espectral do dossel da planta é afetado pelo dossel da cultura, pelo solo e propriedades biofísicas da vegetação, fatores esses os quais afetam a precisão das leituras espectrais.

Em todas as épocas de avaliação houve pontos fora do controle (Figura 2) em virtude das causas especiais, que são consideradas falhas ou erros operacionais, que devem ser corrigidas, de acordo com Ribeiro e Caten (2012) para a melhoria do processo de produção e, por conseguinte, a qualidade do produto final. Tais causas especiais provavelmente foram provocadas pela não utilização de piloto automático no momento das operações de manejo, tendo a sua ausência ocasionado pisoteio na cultura, causando falhas de leitura do sensor.

As cartas de controle de valores individuais (Figura 3A) e de amplitude (Figura 3B) para o

indicador índice de clorofila demonstraram uma menor variabilidade da taxa de clorofila na folha aos 30 DAS. Isso ocorre porque a planta apresenta um número reduzido de folhas no início de seu desenvolvimento vegetativo, o que justifica uma maior uniformidade na taxa de clorofila na folha, demonstrando que inicialmente o crescimento das plantas no estande ocorreu de forma uniforme.

Figura 3 - Carta de controle de valores individuais (A) e de amplitude móvel (B) para o indicador índice de clorofila aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS).



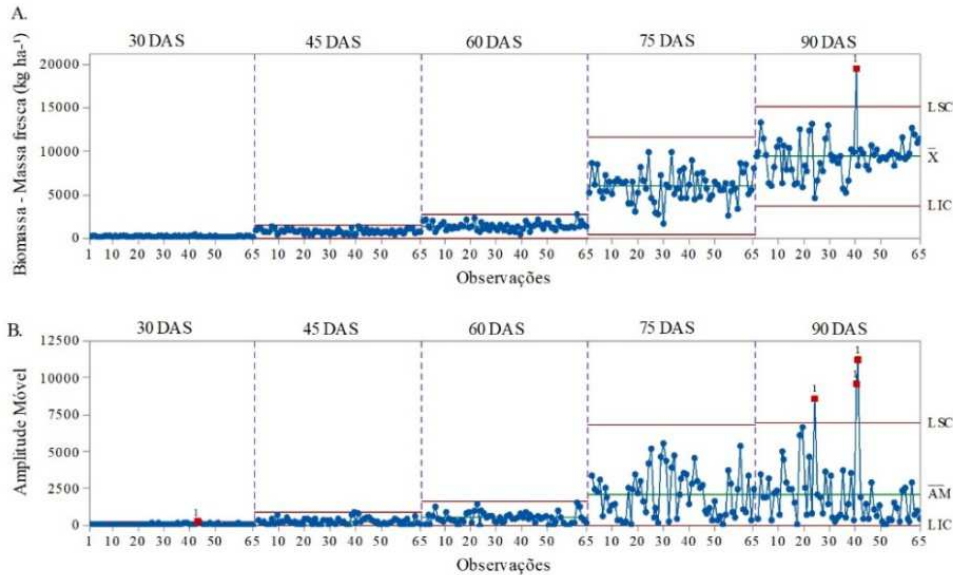
Aos 75 e 90 DAS os valores médios das leituras foram maiores (Figura 3), devido ao aumento da quantidade de clorofila na folha da planta. Pois a planta encontrava-se entre o estágio reprodutivo (R1) e (R6), apresentando folhas desenvolvidas, e início da floração e enchimento das vagens, demonstrando alto vigor de crescimento para a formação de grãos.

Nas cartas de controle de valores individuais (Figura 4A) e de amplitude móvel (Figura 4B) para biomassa seca constatou-se uma menor variabilidade na biomassa aos 30 DAS, uma vez que a uniformidade no desenvolvimento da soja se mostrou maior no início do ciclo da cultura.

Já aos 75 e 90 DAS ocorreu maior variabilidade na biomassa devido a heterogeneidade do estande, conforme constatado por Povh et. al. (2008). Neste, perceberam-se que em condições de maior cobertura do solo com plantas, ocorre um pico de absorção na banda do vermelho e que quando isso ocorre o NDVI se torna insensível às alterações de biomassa que posteriormente refletem na produtividade.

Quanto ao aumento dos valores médios de NDVI, o mesmo pode ser explicado pelo fato de o desenvolvimento das plantas está diretamente relacionado ao aumento de sua biomassa, conforme encontrado por Allen e Pereira (2009). Verificou-se neste trabalho, que aos 75 e 90 DAS a cultura obteve a maior concentração de biomassa (Figura 4), sendo o mesmo período em que houve a saturação do NDVI. Este comportamento também foi encontrado por Grohs et. al. (2009), que ao estudar um modelo para estimativa do potencial produtivo de cevada e trigo por meio do sensoriamento proximal, observou aumento do NDVI, até o valor de saturação, com o incremento da biomassa seca da parte aérea.

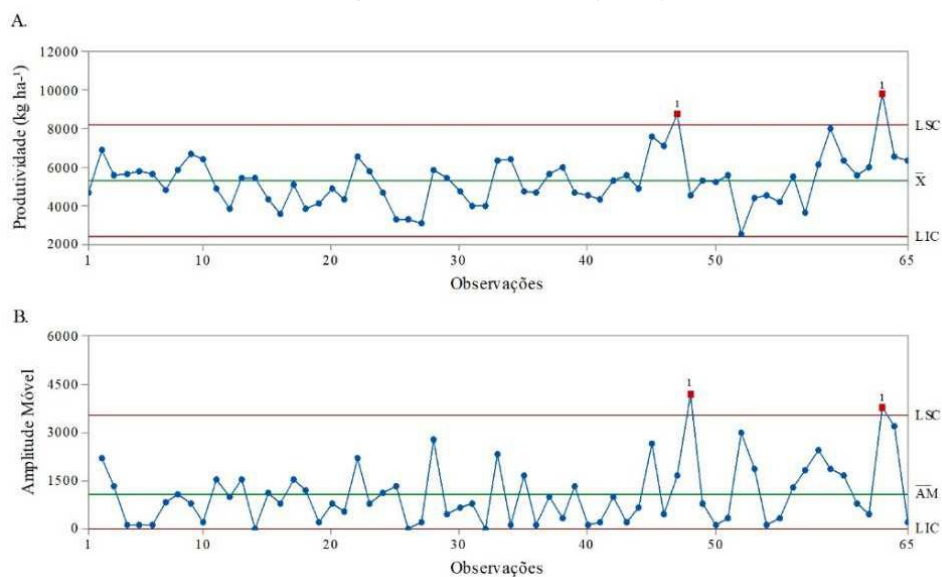
Figura 4 - Carta de controle de valores individuais (A) e de amplitude móvel (B) para a biomassa seca da planta inteira, que foi avaliada aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS).



Já as cartas de controle para valores individuais (Figura 5A) e de amplitude móvel (Figura 5B) para o indicador produtividade demonstraram diferentes valores em cada ponto amostrado. Isso indica que a produtividade dentro de uma área é dependente da variabilidade espacial dos fatores de produção limitantes, o que define áreas de manejo específico, que devem ser gerenciadas levando em conta a suas heterogeneidades intrínsecas.

Algumas falhas operacionais podem ser responsáveis por criarem zonas de menor produtividade dentro de uma mesma área, tais como, a falta de sistematização do terreno, o ataque de pragas e o acúmulo de água nas curvas de níveis, uma vez que estes fatores podem ser limitantes para o aumento de produtividade.

Figura 5 - Carta de controle de valores individuais (A) e de amplitude móvel (B) para o indicador produtividade aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS).



Em complemento aos resultados obtidos neste trabalho, foi verificado por Motomiya et. al. (2011), estudando a variabilidade espacial da fertilidade do solo na cultura do algodão, que geralmente as lavouras apresentam diferentes potenciais de produtividade em suas áreas. Isso também foi verificado por Molin et. al. (2005) ao observar que o manejo das lavouras pode ser melhor conduzido se a variabilidade espacial da produtividade for conhecida por meio da divisão das áreas da lavoura em unidades de gerenciamento diferenciado.

Grohs et. al. (2009) estimando o potencial produtivo em trigo e cevada, observaram que existem diferentes áreas com variados potenciais de rendimento dentro de uma mesma lavoura, o que implica no manejo individualizado, para fins de melhoria na qualidade operacional. Os mesmos citam que com a utilização do sensor óptico ativo (GreenSeeker) é possível separar a área em diferentes zonas de manejo.

Com a utilização desses sensores que geram o índice de vegetação, Motomiya et. al. (2014) viram que os índices são ferramentas promissoras para coleta e análise de dados, possibilitando o monitoramento da cultura.

## 5 CONCLUSÃO

A análise temporal por meio das cartas de controle foi fundamental para o monitoramento do processo e facilitou a identificação do momento em que ocorreu o problema de saturação do NDVI, que foram aos 75 e 90 DAS.

As cartas de controle mostraram-se promissoras ferramentas estatísticas do CEQ, por proporcionaram o maior entendimento das características biofísicas do cultivo como também no monitoramento do índice de vegetação.

Na área de sensoriamento remoto é importante ter novas análises estatísticas para permitir a melhor compreensão do comportamento espectral da cultura e a sua reflectância.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. **Irrigation Science**, v. 28, n.1, p 17–34,2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

AMARAL, L. R.; MOLIN, J. P.; PORTZ, G.; FINAZZI, F. B.; CORTINOVE, L. Comparison of crop canopy reflectance sensors used to identify sugarcane biomass and nitrogen status. **Precision Agriculture**, v. 16, p.15–28, 2015.

BERTOLIN, D. C.; Sá, M. E. de; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A. de S.; CARVALHO, F. L. B. M. de. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.



BONILLA, J. A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. 2.ed. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 344 p.

BONILLA, J.A. **Métodos quantitativos para qualidade total na agricultura**. 2. ed. Contagem: Littera Maciel, 1995. 250p..

FENG, W.; ZHANGA, H. Y.; ZHANGA, Y. S.; QI, S. L.; HENG, Y. R.; GUO, B. B.; MA, D. Y.; GUO, T. C. Remote detection of canopy leaf nitrogen concentration in winter wheat by using water resistance vegetation indices from in-situ hyperspectral data. **Field Crops Research**, v. 198, p.238–246, 2016.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M. C.; ROCHA, G. C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETTO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 101-112, 2009.

KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. 4.ed. São Paulo: Gente, 1993. 245 p.

LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, v. 2, 2001. 117 p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006. 908 p.

MA, B. L.; DWYER, L. M.; COSTA, C.; COBER, E. R.; MORRISON, M. J. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. **Agronomy Journal**, Madson, v. 93, n. 6, p. 1227-1234, 2001.

MENEZES, P. C. de.; SILVA, R. P. da.; CARNEIRO, F. M.; GIRIO, L. A. da S.; OLIVEIRA, M. F. D.; VOLTARELLI, M. A. Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 22, p.732-738, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p732-738>

MYNENI, R. B.; HALL, F. G.; SELLERS, P. J.; MARSHAK, A. L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, n. 2, p. 481-486, 1995.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, São Paulo, o autor, 2003. 83 p.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p.420-426, 2005.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 5.ed. New York: John Wiley, 1985. 489 p

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 100-200.

MOTOMIYA, A. V. A.; MOTOMIYA, W. R.; MOLIN, J. P.; LIRA, A.; OLIVEIRA, J. R. G.; BISCARO, G. A. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produtividade do algodoeiro. *Revista Agrarian*, Dourados, v.4, n.11, p.1-9, 2011.

MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BAIIO, F. H. R. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 112-118, 2012.

MOTOMIYA, A. V. A.; VALENTE, I.M.Q.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BISCARO, G. A.; JORDAN, R. A. Índice de vegetação no algodoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e regulador de crescimento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v 35, n. 1, p. 169-178, 2014.

PIERCE, F.J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 67, p.1-85, 1999.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p.1075-1083, 2008.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; COELHO, A. M.; CORAZZA, E. J.; VILELA, M. F.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; BASSOI, L. H.; NAIME, J.M. Agricultura de precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Anais...** . Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010.

RIBEIRO, J. L. D; CATEN, C. S. T. **Controle Estatístico do Processo**: Cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição. 2012. 175 f. Série de Monografia (Pós-graduação) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundação Empresa Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2012.

ROUSE, J.W; HASS, R.H; SCHELL, J.A; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings...** . Washington: NASA, v. 1, p.309-317, 1973.

SILVA, V. F. A. **Mobilização do solo e desempenho operacional de semeadora-adubadora com dois tipos de hastes sulcadoras em plantio direto de milho.** 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

TUMBO, S. D.; WAGNER, D. G.; HEINEMANN, P. H. Hyperspectral characteristics of corn plants under different chlorophyll levels. **Transactions of the ASAE**, v. 45, n. 3, p. 815-823, 2002.

TASKOS, D. G.; KOUNDOURAS, S.; STAMATIADIS, S.; ZIOZIOU, E.; NIKOLAOU, N.; KARAKIOULAKIS, K.; THEODOROU, N. Using active canopy sensors and chlorophyll meters to estimate grapevine nitrogen status and productivity. **Precision Agriculture**, v. 16, n. 1, p. 77–98, 2015. doi:10.1007/s11119-014-9363-8

TAVARES, T. de O.; BORBA, M. A. D. P.; OLIVEIRA, B. R. de, SILVA, R. P. da; VOLTARELLI, M. A., ORMOND, A. T. S. Effect of soil management practices on the sweeping operation during coffee harvest. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 5, p. 1689-1696, 2018. doi:10.2134/agronj2017.10.0598

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p.608–614, 2013.

ZERBATO, C.; FURLANI, C. E. A.; ORMOND, A. T. S.; GÍRIO, L. A. da S.; CARNEIRO, F. M.; SILVA, R. P. da. Statistical process control applied to mechanized peanut sowing as a function of soil texture. **Plos One**, v. 12, n. 7, p. e0180399, 2017. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180399>

## AVICULTURA DE PRECISÃO: CORRELAÇÃO DA PRODUTIVIDADE COM O AMBIENTE TÉRMICO EM AVIÁRIO DE POSTURA NO IFMS – *Campus NOVA ANDRADINA*

*Precision beekeeping: correlation between productivity and the thermal environment at the ifms posture aviar - Nova Andradina Campus*

Leticia Almeida Sorano<sup>1</sup>, Maycom Dias de Lima<sup>2</sup>, Grazieli Suszek de Lima<sup>3</sup>, Ana Flavia Basso Royer<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – *campus* Nova Andradina, Rodovia MS-473, km 23, s/nº, Fazenda Santa Bárbara  
CEP 79750-000, Nova Andradina - MS, Brasil

[leticia.sorano@gmail.com](mailto:leticia.sorano@gmail.com)<sup>1</sup>, [maycomdyas@gmail.com](mailto:maycomdyas@gmail.com)<sup>2</sup>, [grazieli.suszek@ifms.edu.br](mailto:grazieli.suszek@ifms.edu.br)<sup>3</sup>,  
[ana.royer@ifms.edu.br](mailto:ana.royer@ifms.edu.br)<sup>4</sup>

### RESUMO

A avicultura de precisão está ligada ao monitoramento efetivo das etapas de produção, buscando aumento da produção e qualidade do produto. O objetivo deste trabalho foi avaliar a temperatura, umidade relativa e luminosidade do galpão avícola em ambiente não controlado e correlacioná-lo com produtividade, peso e tamanho do ovo de galinha, através do uso de técnicas de avicultura de precisão. Os levantamentos foram realizados com 24, 30, 50 e 70 semanas, considerando atributos como temperatura, umidade relativa e luminosidade. As amostras para determinação da produtividade, tamanho e peso dos ovos foram coletados nos pontos pré-definidos, possibilitando a geração de mapas espaciais com uso do interpolador inverso do quadrado da distância (IQD). Verificou-se redução da produtividade por interferências do microclima interno do galpão que não possui sistema de climatização. Vale destacar que os mapas espaciais proporcionam melhor visualização das variações e correlações dos atributos, auxiliando na tomada de decisão quanto ao manejo adequado do galpão. Todas as semanas avaliadas, a produtividade apresentou correlações positivas com a umidade relativa, mostrando que ela pode influenciar a produção de ovos de poedeiras comerciais.

**Palavras-chave:** Avicultura de precisão. Qualidade de ovos. Produtividade.

### ABSTRACT

Precision poultry farming is linked to the effective monitoring of production steps, seeking increased production and product quality. The goal of this work was to evaluate the temperature, relative humidity and light of the poultry house in an uncontrolled environment and to correlate it with productivity, weight and size of the chicken egg, using precision poultry techniques. The surveys were performed at 24, 30, 50 and 70 weeks, considering attributes such as temperature, relative humidity and luminosity. Samples to determine egg productivity, size and weight were collected at predefined points, enabling the generation of spatial maps using the inverse distance square interpolator (IQD). There was a reduction in productivity due to interference from the internal microclimate of the house that does not have a climate system. It is worth mentioning that spatial maps provide better visualization of the variations and correlations of the attributes, helping in the decision making about the proper management of the house. In all evaluated weeks, there was a positive correlation between the productivity and relative humidity, showing that it can influence egg production in commercial laying hens.

**Keywords:** Precision poultry farming. Egg quality. Productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de ovos de galinha no segundo trimestre de 2019 (930,93 milhões de dúzias), representou incremento de 5,8% em relação ao mesmo trimestre de 2018 (857,60 milhões de dúzias) e aumento de 2,0% em comparação à produção do 1º trimestre de 2019. (IBGE, 2019). O aumento expressivo na produção de ovos por galinha para Regmi et al. (2015) ocorre principalmente devido aos sistemas agrícolas altamente intensivos, nutrição otimizada e genética melhorada.

Devido às demandas existentes busca-se por conhecimento e técnicas que visam maximizar a produtividade animal com o menor custo (PONCIANO et al., 2011). A avicultura de precisão para Barbosa Filho (2004), está diretamente ligada ao monitoramento e ao efetivo controle das etapas de produção, bem como a utilização de suas técnicas na tentativa de melhorar o bem-estar dos animais e avançar no aumento da produção e qualidade do produto.

Elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar no interior das instalações, especialmente no verão e nas horas mais quentes do dia, podem limitar a produtividade e o bem-estar das aves afetando o desempenho final do lote e comprometendo os aspectos econômicos da atividade (CARCALHO, 2012).

Para Allahverdi et al. (2013) aves expostas a temperaturas elevadas apresentam diminuição no ganho de peso, redução no consumo de ração, queda na produção, peso dos ovos e espessura da casca. Projetar e adequar instalações avícolas sem afetar os custos de produção, de maneira a permitir a manutenção da temperatura e umidade relativa do ar, em limites que proporcionem um ambiente térmico ideal no interior do alojamento, adequados às exigências das aves, tem-se tornado um desafio na avicultura (BIAGGIONI et al. 2008).

Verifica-se dessa forma, que estudos que possam correlacionar os dados de produção e qualidade, com os dados relacionados ao microclima do galpão avícola, possuem importância que diz respeito ao atendimento dos critérios de produção e bem-estar animal, garantindo um aumento de produtividade utilizando-se de manejo técnico que possa favorecer o desempenho das aves de postura.

Este trabalho tem por objetivo a avaliação da temperatura, umidade e luminosidade do galpão avícola, associados a produtividade e aos fatores de qualidade externa do ovo de galinha, através do uso de técnicas de avicultura de precisão.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um galpão para aves, localizado no município de Nova Andradina/MS, Fazenda Santa Bárbara, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (Figura 1), situado na latitude 22° 04' 47" S e longitude de 53° 27' 19" W. O clima da região é classificado, segundo Köppen (1928), como tropical Aw clima megatérmico com estação invernal pouco definida ou ausente, concentração de chuvas nos meses de verão e secas no inverno, possuindo altitude média de 380 m.

As aves da linhagem Embrapa 51 foram acompanhadas desde a chegada ao galpão, início da postura e avaliadas até o final da produção. A alimentação foi realizada conforme as fases de crescimento e postura, recomendada pela veterinária da instituição e realizados levantamentos necessários ao acompanhamento da qualidade do bem-estar animal.

O galpão do IFMS possui 3,5 m de pé-direito, cobertura de telhas cerâmicas, piso de

concreto e cortinas laterais. O sistema de arrefecimento térmico é do tipo convencional com cortinas laterais. As aves disponibilizadas para o manejo, sendo 174, foram colocadas em gaiolas convencionais para postura (arame liso), possuindo comedouros do tipo calha e bebedouros do tipo nipple (Figura 1). Cada gaiola possui 1m de comprimento, 45cm de largura e 60 cm de altura, suporta até dez aves, porém foram dispostas cinco aves por gaiola, proporcionando um melhor conforto, devido à alta temperatura da região.

Figura 1 – (a) Aviário de postura pertencente ao IFMS/NA e (b) gaiolas com aves de postura e plaqueta de identificação do ponto amostral.



(a)

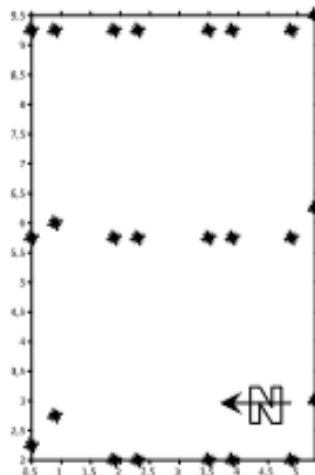


(b)

Fonte: Maycom Dias Lima (2017).

Os levantamentos foram realizados com 24, 30, 50e 70 semanas, sendo o galpão georreferenciado previamente, onde um *grid* de pontos de amostragem foi construído abrangendo toda a área útil do galpão avícola (Figura 2). Desta forma, as variáveis correspondentes ao microclima interno do galpão, temperatura e umidade relativa do ar, obedeceram aos pontos de coleta pré-definidos, para que fosse possível através da localização destes a geração de mapas espaciais das variáveis analisadas.

Figura 2 - Grid de amostragem – 2018



Autor: Grazieli Suszek, (2018)

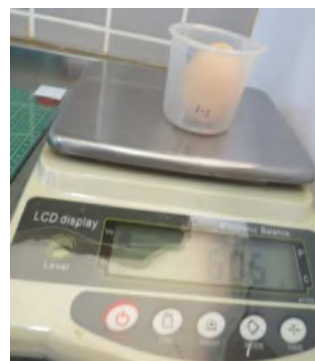
As variáveis ambientais foram obtidas com o uso do medidor digital do tipo Termo-higro-anemômetro-luxímetro, da marca Instrutherm, com precisão de duas casas decimais. Para esse trabalho, as medições foram realizadas entre os meses de agosto/18 a julho/19, em períodos pré-determinados, sendo esses 24, 30, 50 e 70 semanas, para o microclima interno do galpão a avaliação foi realizada em três horários 7 h, 12 h e 17 h, conforme definido pela orientadora deste trabalho.

As análises externas dos ovos foram realizadas medindo-se o diâmetro com o auxílio de um paquímetro digital, com precisão de duas casas decimais e o peso do ovo utilizando uma balança digital com precisão de 0,01 g (Figura 3).

Figura 3 – (a) medidas de diâmetro com auxílio de paquímetro digital e (b) peso do ovo em balança de precisão.



(a)



(b)

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18<sup>®</sup> para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado de acordo com (GOMES 2000), sendo também realizadas análises de correlação de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling.

Devido ao quantitativo de amostras optou-se pelo interpolador Inverso do quadrado da distância (IQD), sendo os mapas foram construídos utilizando o software Surfer<sup>®</sup> 15, o IQD é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, ou seja, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será sua influência sobre o valor de inferência. Este método é considerado de acurácia satisfatória quando comparado a krigagem, podendo, em alguns casos, apresentar resultados semelhantes (SOUZA et al., 2010).

A similaridade dos mapas temáticos construídos a partir dos dados coletados, foi avaliada por meio de parâmetro estatístico: correlação linear de Pearson e analisado visualmente os mapas construídos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a Tabela 1 onde mostra a correlação das semanas analisadas e as variáveis ambientais, pode-se identificar com o auxílio dos mapas (Figura 4) que a produtividade na semana 24 não teve influência quanto a variável temperatura e manteve a produção em torno de 3,67 a 7,67 ovos por pontos amostrais (cada ponto amostral tem 6 gaiolas), segundo a Tabela1. Foi notado ainda na semana 24 o diâmetro do ovo foi menor, podendo ser explicado pela

idade da galinha poedeira, iniciando idade reprodutiva.

Já na semana 30 as galinhas expressariam sua melhor produção, porém houve uma interferência quanto a variável temperatura, conforme analisado na Figura 5, nota-se uma redução na produção de ovos, que esteve entre 1,33 a 4,67 que pode ser explicada pela alta temperatura encontrada no galpão, principalmente na região Sul, que apresenta maior calor propiciando um desconforto térmico. Ainda em avaliação, nota-se que o peso do ovo foi menor na semana 30, fator que está associado ao estresse térmico.

As temperaturas ambientais superiores à zona de conforto térmico afetam a ave fazendo com que diminua seu consumo de alimento, diminuindo conseqüentemente o tamanho do ovo (AviNews, 2018). O desempenho das aves pode ser afetado pela temperatura, onde ocorre a diminuição do consumo de alimentos e desvia a energia na tentativa de manter a sua temperatura corporal (JÁCOME et al., 2007, TINÔCO, 2001).

Na semana 50, nota-se que as poedeiras estavam em sua zona de conforto situada entre 18 e 28° C (SANTANA et. al., 2018) e desempenharam um ótimo percentual de produção, variando de 4,33 a 8,33 ovos por ponto amostral, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise estatística descritiva dos dados de Produtividade e Variáveis Ambientais.

		Média	%P	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	CV	N
PRODUTIVIDADE	24	6,18	85,2	6,33	0,90	3,67	7,67	14,57	Sim
	30	3,06	42,1	3,00	0,85	1,33	4,67	27,80	Sim
	50	5,61	77,4	5,33	1,06	4,33	8,33	18,92	Não
	70	5,00	69,0	5,00	1,22	3,00	7,00	24,32	Sim
PESO DO OVO	24	50,77		50,68	1,63	47,98	54,82	3,20	Sim
	30	50,02		50,85	4,12	33,19	54,06	8,24	Não
	50	60,23		60,20	2,33	55,09	63,49	3,87	Sim
	70	60,30		60,43	2,17	56,46	64,20	3,59	Sim
DIÂMETRO	24	52,92		52,83	0,82	51,27	54,52	1,55	Sim
	30	53,06		53,95	3,77	35,86	55,83	7,11	Não
	50	57,06		56,99	0,85	55,28	58,51	1,49	Sim
	70	56,81		57,08	2,11	51,34	59,57	3,71	Sim
TEMPERATURA	24	30,20		30,19	0,16	29,98	30,47	0,52	Não
	30	31,44		31,45	0,17	30,99	31,66	0,53	Sim
	50	26,63		26,62	0,08	26,49	26,81	0,31	Sim
	70	32,61		32,58	0,22	32,29	32,93	0,67	Sim
UMIDADE RELATIVA	24	60,23		60,59	1,87	54,70	63,31	3,11	Não
	30	67,58		67,81	0,84	65,42	69,09	1,25	Sim
	50	53,87		53,88	0,72	52,37	55,54	1,33	Sim
	70	62,69		62,86	1,15	59,39	64,01	1,84	Sim
LUMINOSIDADE	24	150,15		145,94	57,84	55,89	271,22	38,52	Sim
	30	153,00		112,00	119,07	46,44	472,00	77,83	Não
	50	369,31		180,89	504,18	46,56	2023,44	136,52	Não
	70	180,42		152,00	76,85	94,78	323,00	42,60	Não

\* %P porcentagem de produção, N: normalidade.



A temperatura se mostrou mais alta na semana 70, chegando a 32.93°C, tornando o ambiente desconfortável para as poedeiras. Mas, mesmo fora do seu conforto térmico, a produtividade se manteve estável e satisfatória, numa média de 5 ovos por ponto amostral.

Tabela 2 - Análise de Correlação dos atributos ambientais com a Produtividade.

Semanas	T°C	UR	LUX	
24	-0,05	0,26	0,06	
30	-0,16	0,36	-0,06	
50	-0,06	0,09	0,05	
70	0,22	0,45	-0,11	

Baixo  
 Médio

Nota-se na Tabela 1 e ilustrado no mapa (Figura 5) que a umidade relativa do galpão esteve mais alta nas semanas 30 e 70, onde variaram de 69,09 a 64,01%, respectivamente. Na semana 30, houve interferência na produtividade dos ovos, onde ocorreu um declínio de produção, chegando a 1,33 ovos por ponto, tornando a produção insatisfatória, pois era a semana onde as poedeiras chegariam ao seu pico máximo de produção. A junção das variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa afetam o desempenho das galinhas, onde valores médios de umidade não devem ultrapassar 75-80%, pois, o efeito da temperatura será mais prejudicial quanto maior for a umidade, portanto, esses dois fatores devem ser monitorados e controlados visando o bem estar, a produtividade e a qualidade dos ovos (ALBINO et al., 2014).

De acordo com Baêta e Souza (2010), a umidade relativa do ar interfere no bem-estar e na produtividade das aves, quando muito alta e associada a altas temperaturas, podem dificultar a dissipação de calor corporal por processos evaporativos, interferindo diretamente na produtividade e qualidade dos ovos.

Já na semana 70, mesmo com a umidade relativa alta, não houve prejuízos à produtividade, pois a produção de ovos foi satisfatória chegando à máxima de 7 ovos por ponto. Essa variação de produção pode ser explicada pela junção de umidade relativa e temperatura, em diferentes graus de incidência.

Conforme observado na Tabela 1, nas semanas 24 e 50, a UR esteve mais baixa do que comparado às outras semanas, ficando em torno de 55 à 63%, já pela Tabela 2 verifica-se que apenas com 50 semanas não foi observada correlação, o que não interferiu na produtividade dos ovos. A média de produção ficou entre 5 a 7 ovos por ponto amostral, podemos dizer que a umidade relativa presente no galpão das aves poedeiras, estava dentro do limite estipulado para conforto térmico e influenciado positivamente a produção de ovos.

A maior incidência luminosa ocorreu na semana 30 e 50, como vistas na Figura 5 em que no Norte do galpão recebeu maior índice luminoso. Porém, de acordo com a Tabela 2, não houve uma interferência significativa na produtividade dos ovos.

Quanto ao diâmetro dos ovos, foi constatado que nas semanas 50 e 70 apresentaram maiores índices de altura, que está associado a idade reprodutiva das galinhas. Para Rodrigues (2011) o diâmetro está relacionado com a idade da ave, uma vez que aves em início de postura põem ovos menores e vão aumentando de tamanho de acordo com seu envelhecimento. Essa suposição pode ser confirmada através da Tabela 1, onde pode-se observar esses dados.

Figura 4 – Mapas temáticos para as variáveis produtividade peso e diâmetro dos ovos, no galpão avícola pertencente ao IFMS campus de Nova Andradina.

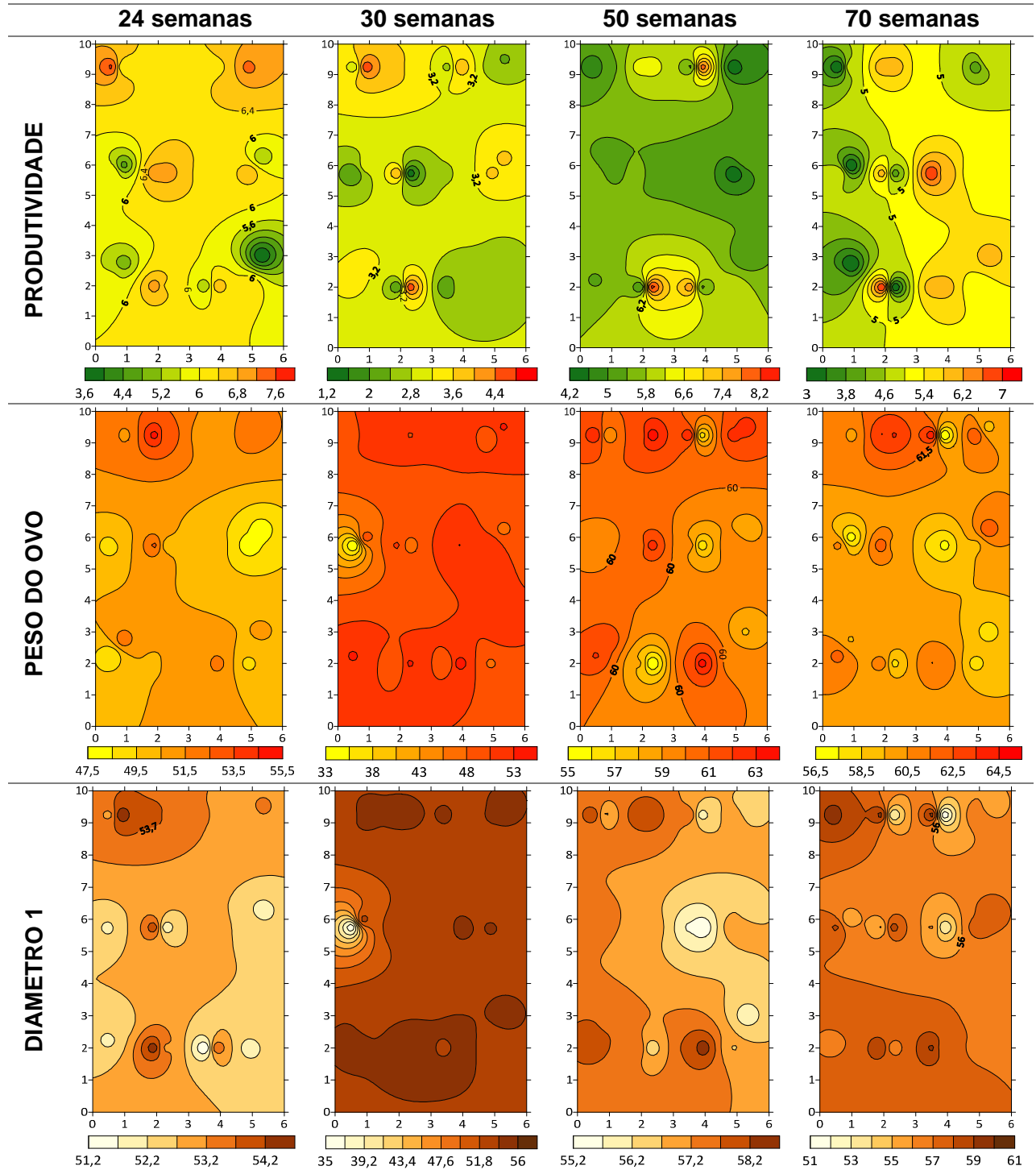
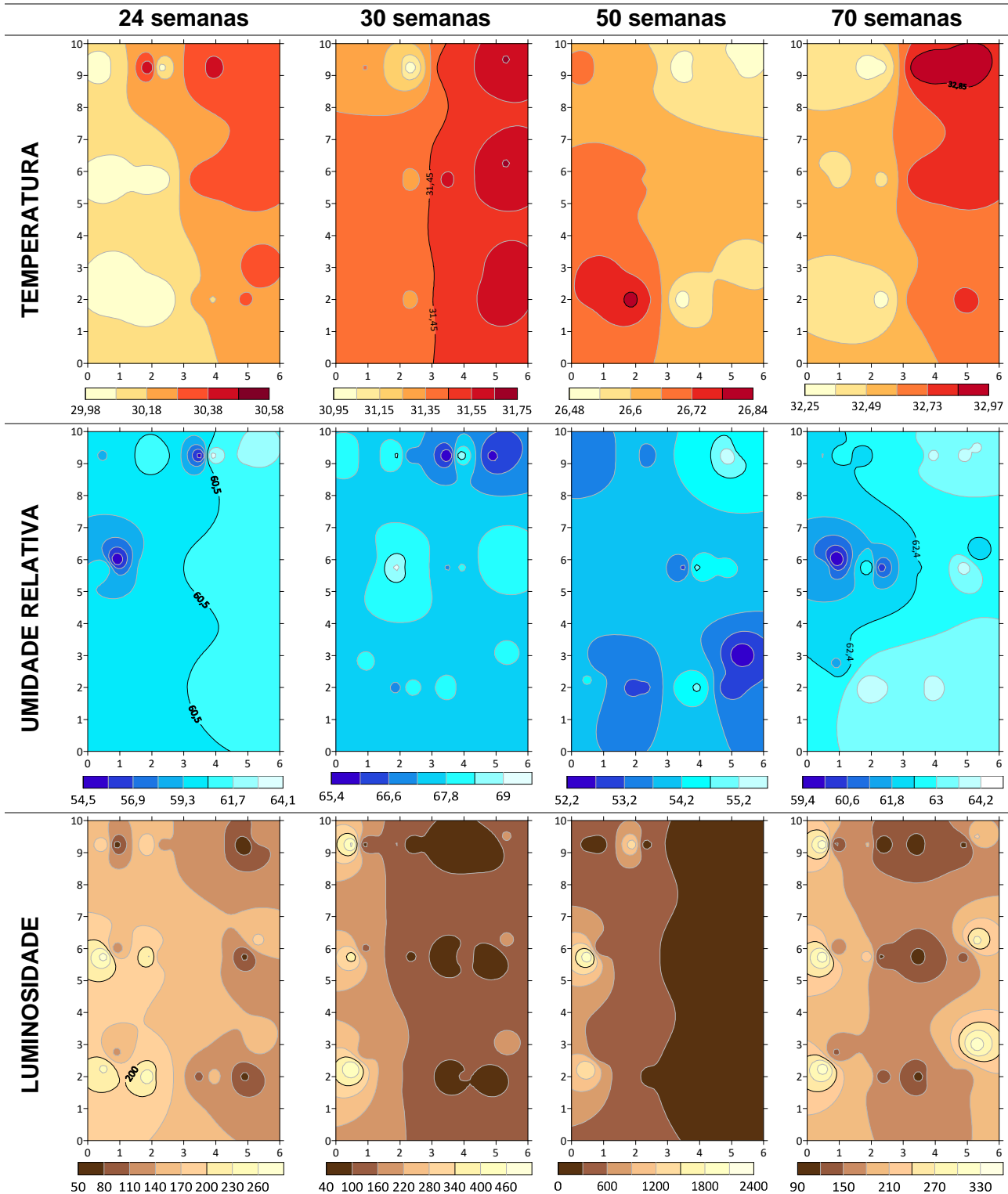


Figura 5 – Mapas temáticos para as variáveis ambientais temperatura, umidade relativa e luminosidade do galpão avícola pertencente ao IFMS campus de Nova Andradina.



Quando observado os mapas temáticos é possível verificar que não ocorreram tendências visuais significativas, quando comparadas todas as variáveis analisadas. Exceto quando observa-se os mapas de umidade relativa e produtividade, onde verifica-se que pontos com maior umidade

relativa, também mostraram uma maior produtividade, podendo ser explicado pelo maior conforto das aves em locais onde observou-se maior umidade relativa, o mesmo aconteceu para as variáveis peso do ovo e umidade relativa.

Os mapas temáticos de forma individual proporcionam uma visualização das tendências dos atributos relacionados ao ambiente interno do galpão, podendo facilitar o manejo das poedeiras em galpões não climatizados, de forma a melhorar o rendimento das aves.

#### 4 CONCLUSÃO

Verificou-se que as variáveis ambientais possuem correlação com a qualidade externa dos ovos e produtividade das galinhas poedeiras.

A temperatura apresentou-se como atributo mais importante para uma boa produção de ovos e a umidade relativa mostrou-se correlacionada positivamente com a produção em todas as semanas avaliadas, sendo um atributo decisivo no balanceamento das variáveis ambientais.

Os mapas temáticos de forma individual proporcionam uma visualização das tendências dos atributos relacionados ao ambiente interno do galpão, podendo facilitar o manejo das poedeiras em galpões não climatizados, de forma a melhorar o rendimento das aves, auxiliando na tomada de decisão.

#### REFERÊNCIAS

ALBINO, L. F. T.; CARVALHO, B. R.; MAIA, R. C.; BARROS, V. R. S. M. **Galinhas Poedeiras: Criação e Alimentação**. Viçosa, Minas Gerais: Aprenda Fácil, 2014. 376p.

ALLAHVERDI, A.; FEIZI, A.; TAKHTFOOLADI, H. A.; NIKPIRAN, H. Effects of heat stress on acid-base imbalance, plasma calcium concentration, egg production and egg quality in commercial layers. **Global Veterinaria**, v.10, p.203-207, 2013.

AveNewsBrasil. **Melhorando o tamanho do ovo nas poedeiras comerciais**. Rio Claro, SP. Nov, 2018. Disponível em: <<https://avicultura.info/pt-br/melhorando-tamanho-do-ovo-poedeiras-comerciais/>> Acesso em: 22 ago 2019.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais, conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269p.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. Piracicaba: USP, 2004. Dissertação Mestrado.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N.; SILVA, C. J. M. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.93-99, 2007.

BIAGGIONI, M. A. M.; MATTOS, S. P. J.; TARGA, L. A. Desempenho térmico de aviário de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.961-972, 2008.

CARCALHO, L. S. S. Nutrição de poedeiras em clima quente. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.18, p.1-15, 2012.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**, 14. Ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 2000. 477 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística da Produção Pecuária**. Abr.-Jun. 2019. Disponível em:  
<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3087/epp\\_pr\\_2019\\_2tri.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3087/epp_pr_2019_2tri.pdf)> Acesso em: 21 ago 2019.

JÁCOME, I. M. T. D.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H. V.; MOURA, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.527-531, 2007.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes.1928.

PONCIANO, P. F.; LOPES, M. A.; YANAGI JÚNIOR, T.; FERRAZ, G. A. S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica Fuzzy: uma revisão. **Archivos Zootecnia**, v.60, p.1-13. 2011.

REGMI, P., T. S; DELAND, J. P.; STEIBEL, C. I.; ROBINSON, R. C.; HAUT, M. W. ORTH; D. M. KARCHER. Effect of rearing environment on bone growth of pullets. **Poultry Science**. v. 94, pag. 502–511, 2015. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25638471>> Acesso em: 21 ago 2019.

RODRIGUES, L. S. **Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras de uma granja em região de clima tropical**. Universidade Federal de Roraima. Boa Vista. 2011. Disponível em:  
<[http://ufr.br/zootecnia/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=65:desempenho-e-qualidade-de-ovos-de-galinhas-poedeiras-de-uma-granja-em-regiao-de-clima-tropical&id=13:avicultura&Itemid=104](http://ufr.br/zootecnia/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=65:desempenho-e-qualidade-de-ovos-de-galinhas-poedeiras-de-uma-granja-em-regiao-de-clima-tropical&id=13:avicultura&Itemid=104)> Acesso em: 20 ago 2019.

SANTANA, M. H. M. *et al.* Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. **PUBVET**, v. 12, p. 139, 2017. Disponível em:  
<<http://www.pubvet.com.br/uploads/d7698a5a4eef19a4560dfb5c6792e125.pdf>> Acesso em: 27 ago 2019.

SOUZA, G. S. de et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.1, p. 73-81, jan/feb. 2010.

TINÔCO, I. F. F. (2001). Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 3, 1-25.

## BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO PARA O FORTALECIMENTO DA CADEIA APÍCOLA.

### *Geographical database for strengthening the beekeeping chain.*

Higor Machado de Freitas<sup>1</sup>, Júlio César Wincher Soares<sup>2</sup>, Pedro Maurício Santos dos Santos<sup>1</sup>, Lucas Nascimento Brum<sup>2</sup>, Daniel Nunes Krum<sup>2</sup>, Matheus Ribeiro Gorski<sup>2</sup>, Otávio Garcia Medeiros<sup>2</sup>, Vitória Silva Coimbra<sup>2</sup>, Thaynan Hertz de Lima<sup>2</sup>, Luryan Delevati Dorneles<sup>2</sup>, Vanessa Tadiello Gampert<sup>2</sup>, Clóvis Ben Brum<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal De Santa Maria (UFSM), Av. Roraima nº 1000, 97105 – 900, Santa Maria – RS, Brasil, higormfreitasagro@gmail.com; p\_mauriciosantos@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI – Santiago) – Av. Batista Bonoto Sobrinho nº 733, 97700 – 000, Santiago – RS, Brasil,

juliowincher@gmail.com; vanessa@urisantiago.br; matheusgorski3@gmail.com; lurydd@live.com; otavioarciamedeiros@outlook.com; daniel.krum@hotmail.com; toiac Coimbra1@hotmail.com; thaynanh.lima@otmail.com; lucasbrum13@hotmail.com; clovisbb@urisantiago.br.

### RESUMO

A URI Santiago desenvolveu um Banco de Dados Geográficos (BDG), referente à cadeia produtiva do mel, na região do Vale do Jaguari, RS. O presente trabalho teve por objetivo promover o fortalecimento da cadeia apícola do Vale do Jaguari, RS, por meio da produção e distribuição de mudas selecionadas para o reflorestamento apícola e mediante o desenvolvimento de um banco de dados cadastrais georreferenciado com informações sobre a localização dos apiários/meliponários, características das propriedades e malha viária dos municípios. O rastreamento dos pontos de interesse foi executado com a tecnologia GPS/GLONASS, a malha viária municipal foi descrita a partir da frente do prédio da Prefeitura Municipal, até o ponto de identificação de cada apiário, culminando num vetor de polilinha. Posteriormente, no apiário, preencheu-se uma ficha cadastral individual, a qual alimentou o banco de dados. A disponibilização do BDG contribuirá com subsídios para o planejamento sustentável da atividade, no âmbito regional.

**Palavras-chave:** Geotecnologias. Apicultura Digital. Polinizadores.

### ABSTRACT

URI Santiago has developed a Geographic Database (BDG) for the honey production chain in the Jaguari Valley region, RS. The present work aimed to promote the strengthening of Vale do Jaguari Apiculture, RS, through the production and distribution of seedlings selected for apiculture reforestation and by developing a georeferenced cadastral database with information on the location of apiaries / meliponary, characteristics of the properties and road network of the municipalities. The tracking of the points of interest was performed with GPS / GLONASS technology, the municipal road network was described from the front of the City Hall building, to the identification point of each apiary, culminating in a polyline vector. Later, in the apiary, an individual registration form was filled out, which fed the database. The availability of the BDG will contribute to the sustainable planning of the activity at the regional level.

**Keywords:** Geotechnologies. Digital Beekeeping. Pollinators.

## 1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade rural é um tema que vem sendo discutido, atualmente, trazendo como foco novas formas de renda, que favoreçam a fixação do homem no campo e ao mesmo tempo a preservação dos recursos naturais disponíveis (STEWART et al., 1991 e TENNANT; CHADWICK, 2016). A apicultura é uma atividade capaz de proporcionar benefícios econômico e social, além de, poder ser utilizada como ferramenta de avaliação ambiental, ou para o aumento da produção agrícola, através da polinização (PEGORARO, A.; NETO, A. C, 2005).

Conforme Massruhá et al., (2016), o uso de um recurso computacional ou uma metodologia sistemática proporciona aos apicultores escolherem o local para a instalação de suas colmeias, seja dentro dos perímetros da propriedade (apiário fixo), ou regiões mais abrangentes (apiário migratório). Permite, também, a polinização direta associada à flora apícola da zona onde estão localizados os apiários. As técnicas de manejo apícola desenvolvidas têm consequências econômicas e sociais para as populações envolvidas.

Um banco de dados geográficos é uma base de dados desenvolvida para armazenar recursos, consultar e manipular informações e dados espaciais de qualquer tipo. Com ele é possível manipular formas geométricas simples, como linhas, pontos e polígonos, ou ainda, usar recursos mais sofisticados, como topologia, dimensões, anotações, imagens, dados cadastrais, objetos 3D, entre outros, para a representação de fenômenos do mundo real (EPAGRI/CIRAM, 2016).

A maior dificuldade encontrada para obtenção da melhoria dos índices de produtividades da apicultura para os agricultores que participam do projeto está ligada a oferta de pasto apícola em quantidade suficiente para as necessidades de consumo e produção das abelhas na época de vazio das floradas (SOUSA et al., 2011).

O objetivo do presente trabalho foi de promover o fortalecimento da cadeia apícola do Vale do Jaguari por meio da produção e distribuição de mudas selecionadas para o reflorestamento apícola e mediante o desenvolvimento de um banco de dados cadastrais georreferenciado com informações sobre a localização dos apiários/meliponários, características das propriedades e malha viária dos municípios.

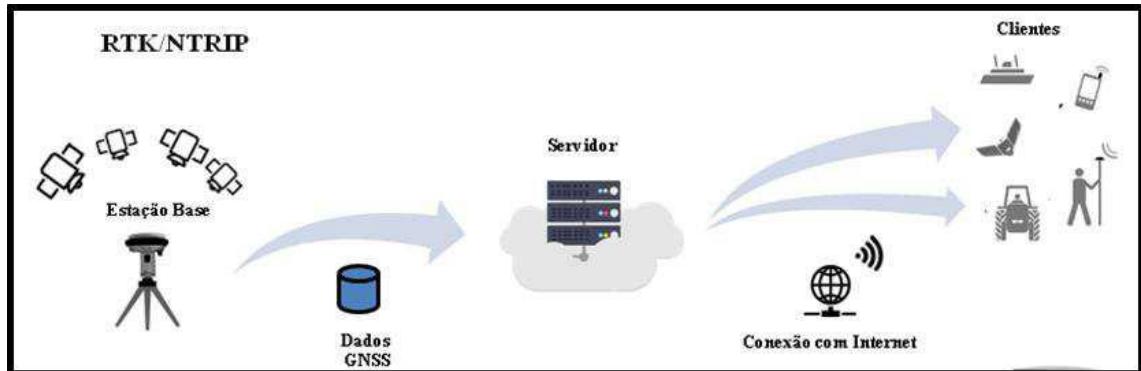
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI – Santiago) desenvolveu um Banco de Dados Geográficos (BDG), referente à cadeia produtiva do mel, na região do Vale do Jaguari, RS. O seu desenvolvimento oferece a possibilidade de análise e consultas espaciais, sendo possível efetuar diversas rotinas, como: 1 – calcular áreas (polígonos); 2 – distâncias entre objetos (apiário x prefeitura municipal); 3 – geração de buffers (área de influência direta e indireta de um apiário), dentre outras consultas e operações entre as geometrias.

Foi instalado na URI – Santiago o servidor de referência Leica GR25W, o qual foi preparado para as mudanças constantes e exigências da tecnologia Global Navigation Satellite System (GNSS). O servidor permitiu a materialização de uma rede permanente GNSS, recebendo e entregando por meio das tecnologias: Posicionamento em Tempo Real (RTK), multi-sessão do Registro de Dados e Serviços de FTP (RINEX) e Networked Transport of RTCM via Internet (NTRIP) dados altamente precisos e acurados para a Cadeia Apícola do Vale do Jaguari. Uma vez

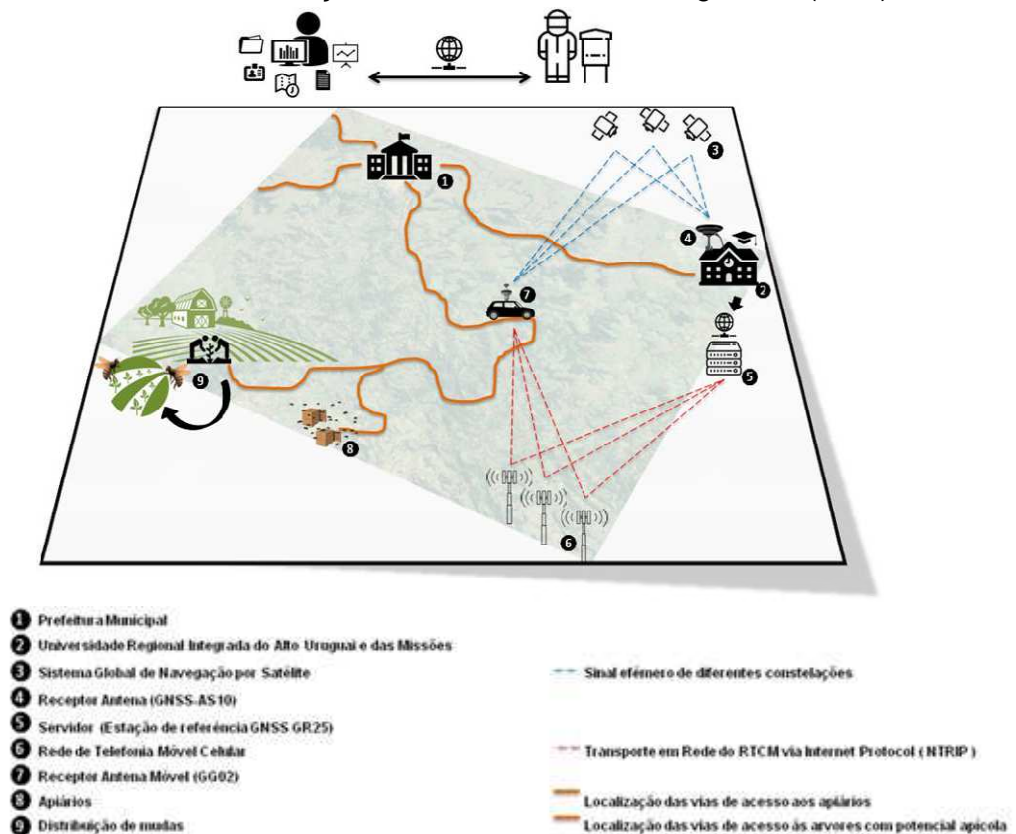
que, a operação do servidor apresenta a possibilidade de rastreamento de diferentes constelações, tais como: o Global Positioning System (GPS) e o GLONASS (FIGURA 1; FIGURA 2).

Figura 1 - Fluxo de dados no sistema Ntrip.



Fonte: O autor.

Figura 2 - Fluxo de trabalho na construção do Banco de Dados Geográficos (BDG).



Fonte: O autor.

O movimento de rede de dados RTCM sobre Internet Protocol (IP), é usado para transportar dados de correção em tempo real pela internet. Os dados de correção são movidos de maneira semelhante ao fluxo de mensagem. Essencialmente, um cliente se conecta a algum dispositivo que atende ao fluxo e solicita uma cópia desses dados. O transporte de dados de correção em tempo real, utiliza a correção via internet por link do Sistema Global para



Comunicações Móveis (GSM) (RTK – Ntrip) para o transporte dos dados GNSS (FIGURA 1).

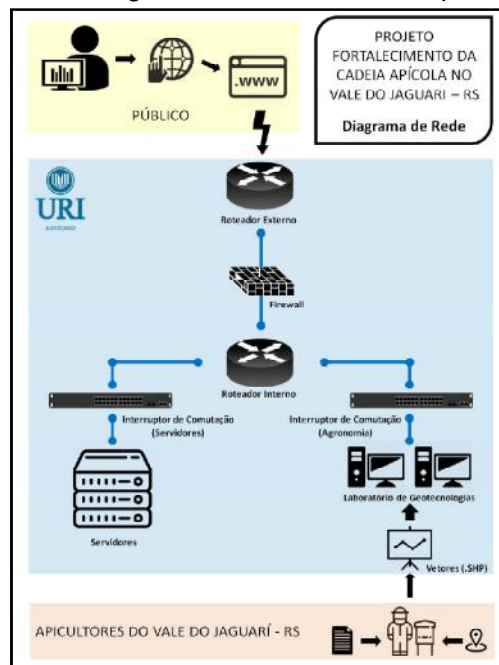
O conjunto de elementos para gerar as informações referentes ao banco de dados foi adquirido através da análise *in loco* na forma de questionário, contendo dados como: 1) localização geográfica dos apiários e meliponários da região; 2) quantidade de mel produzida; 3) nº de colmeias; 4) demais produtos comercializados; 5) nº de trabalhadores (empregados e/ou familiares); 6) a malha viária municipal a partir da frente do prédio da Prefeitura até o ponto de identificação de cada apiário e/ou meliponário; 7) tamanho da propriedade; 8) espécies de abelhas utilizadas; 9) espécies de plantas utilizadas; 10) dificuldades enfrentadas; 11) infraestrutura disponível e usada na produção, 12) insumos e custos de produção; 13) custos de transporte e outros (Figura 2).

O rastreamento dos pontos de interesse foi executado com a tecnologia GPS/GLONASS, a malha viária municipal foi descrita a partir da frente do prédio da Prefeitura Municipal, até o ponto de identificação de cada apiário, culminando num vetor de polilinha. Posteriormente, no apiário, preencheu-se uma ficha cadastral individual, a qual alimentou o banco de dados (Figura 2).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O BDG é transferido via interruptores de comutação para o roteador interno do Campus de Santiago, onde via servidor é disponibilizado ao usuário público, o qual tem acesso ao BDG na rede mundial de computadores (Figura 3).

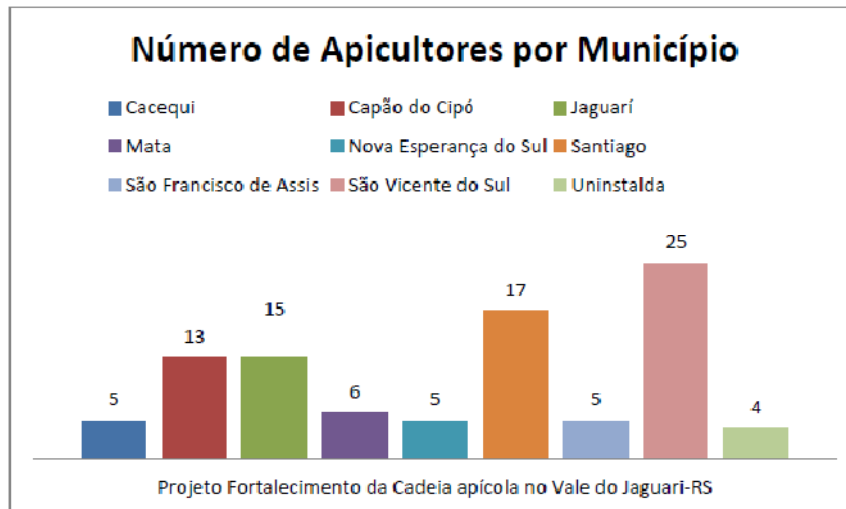
Figura 3 - Modelo representativo do diagrama de rede utilizado para a disponibilização do BDG.



Fonte: Autor.

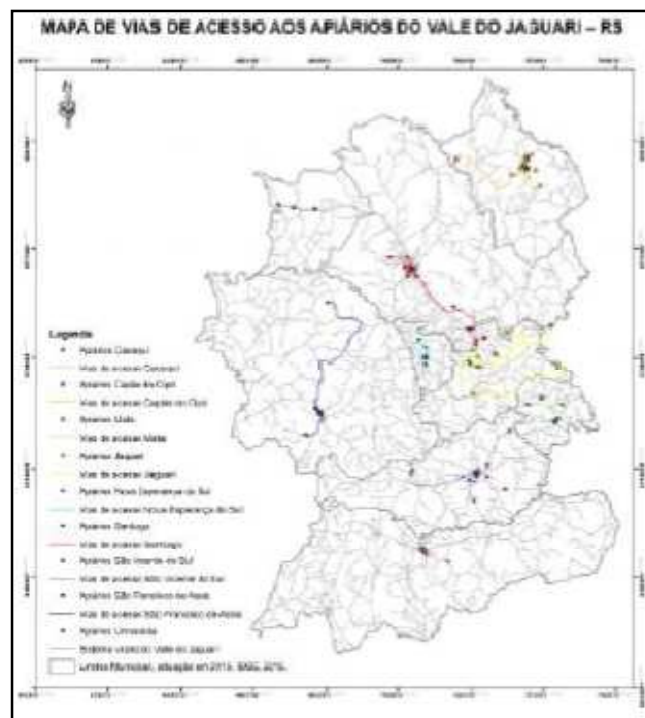
Com o emprego de diferentes bases cartográficas, realização de levantamentos *in loco*, instalação e operação do servidor de referência GR 25W, temos 95 apicultores cadastrados no projeto, distribuídos nos nove municípios do Vale do Jaguari RS (Figura 4, Figura 5).

Figura 4 - Gráfico do número de apicultores por município cadastrados no Projeto Fortalecimento da Cadeia Apícola no Vale do Jaguari, RS.



Fonte: Autor.

Figura 5 - Distribuição espacial dos apiários e de suas vias de acesso no Vale do Jaguari, RS.



Fonte: Autor.

Quando acessado o site do projeto Fortalecimento da Cadeia Apícola no Vale do Jaguari, RS, pelo link <http://urisantiago.br/fcavaledojaguari/>, o usuário se depara com *scripts*, ou seja, roteiros que trazem informações que serão analisadas, processadas e transformadas em ações, por um determinado tipo de linguagem de programação.

A opção de ver a localização no mapa do ponto/apicultor através da lista de apicultores, também possibilita ver a imagem de satélite com latitude, longitude, elevação e município. Na mesma janela, existe a opção de mais informações para o usuário que acessar o BDG, nessas informações estão: possibilidade de *download* do mapa da via de acesso ao apiário em formato .pdf do apicultor, o bioma do ponto, *download* do mapa da malha viária do município, telefone do apicultor, opção de *download* do arquivo *Shapefile* da via de acesso ao ponto com destino à frente da prefeitura, quantidade de mel produzida (Kg/ano), número de colmeias, outros produtos comercializados, número de trabalhadores envolvidos na atividade, mão de obra é familiar ou contratada (ou ambas), tamanho da propriedade em hectares, se a exploração ocorre em terra própria ou arrendada, apiário/meliponário é fixo ou migratório, espécies de abelhas utilizadas, espécies de plantas utilizadas (pasto apícola), se o apicultor pertence a alguma associação, se recebe alguma orientação técnica e se gostaria de receber e como é realizada a comercialização do mel.

Toda a estrutura do servidor web e seus componentes de rede estão no Campus da URI Santiago, sendo assim, o banco de dados geográficos da cadeia apícola do Vale do Jaguari, RS, pode ser atualizado conforme novos apicultores forem cadastrados no projeto. Até o dia sete de fevereiro de 2019, o BDG recebeu milhares de visualizações/acessos de usuários distribuídos em diferentes municípios do Brasil.

Conforme o último balanço realizado pela universidade em produção e distribuição de mudas, foram distribuídas 60.000 mudas, pois, alguns apicultores receberam um número superior a 100 mudas. Cabe salientar que alguns apicultores não possuindo espaço físico em sua propriedade para o plantio de 100 mudas, abriram mão de algumas em benefícios de outros apicultores parceiros.

As 60.000 mudas com entrega comprovada pertencem a 16 espécies com potencial melífero/apícola, sendo elas: *Pereskia aculeata* (Ora-pro-nóbis), *Eucalyptus deglupta* (Eucalipto Arco-Íris), *Eucalyptus urograndis* (Eucalipto), *Eucalyptus saligna* (Eucalipto), *Eucalyptus grandis* (Eucalipto), *Acacia mearnsii* (Acácia-negra), *Inga marginata* (Ingá-feijão), *Psidium cattleianum* (Araçá-vermelho), *Cordia trichotoma* (Louro-pardo), *Parapiptadenia rígida* (Angico-vermelho), *Annona cocans* (Araticum-cagão), *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá), *Cordia americana* (Guajuvira), *Cadrela fissilis* (Cedro), *Eugenia involucrata* (Cerejeira) e *Psidium guajava* (Goiabeira) (Figura 6).

Figura 6 - Senhora Iara Maria de Souza Dutra, apicultora, pesquisadora e instrutora de boas práticas apícolas recebendo mudas florestais com interesse apícola.



Fonte: O autor.

O plantio das mudas com potencial melífero/apícola foi realizado na bordadura de uma floresta nativa, com o propósito de suplementar a alimentação apícola durante o vazio das floradas (Figura 7).

Figura 7 - Transição entre a floresta nativa existente e as mudas recém-implantadas de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*.



Fonte: O autor.

#### 4 CONCLUSÃO

- A disponibilização do Banco de Dados Geográficos da Cadeia Apícola do Vale do Jaguari – RS contribuirá com subsídios para o planejamento sustentável da atividade, no âmbito regional.
- O incremento na oferta de pasto apícola na região agroecológica do Vale do Jaguari tornará a atividade mais rentável por várias décadas.
- Espera-se a continuidade do projeto nos próximos anos, com a inserção de novos apicultores no BDG, realização de novas capacitações, dentre outras atividades.

#### REFERÊNCIAS

EPAGRI/CIRAM. **Apis ON – LINE 2016**. Florianópolis, SC. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/apicultura/index.jsp>>. Acesso em: Agosto 2019.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; et al. **Agricultura digital**. RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 2, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2016.

PEGORARO, A.; NETO, A. C. **Disponibilidade de alimento coletado por operárias da abelha africanizada em função dos fatores ambientais**. Scientia Agraria, v. 6, n. 1-2, p. 35-39, 2005.

STEWART, B.A.; LAL, R. & EL-SWAIFY, S.A. **Sustaining the resource of an expanding world agriculture.** In: LAL, R. & PIERCE, F.J., eds. Ankeny, Iowa Soil Management for Sustainability. Soil and Water Conservation Society. 1991. 189p.

SOUSA, J. E. L.; et al. **Importância da flora apícola para o desenvolvimento da apicultura no sertão central cearense.** Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE – 12/2011. Cadernos de Agroecologia – Vol 6, No. 2, Dez 2011.

TENNANT, EMMA SARAH; et al. **The Bee Book – Discover the wonder of bees and how to protect them for generations to come,** Ed. Dorling Kindersley Limited, 2016.

# MENSURAÇÃO DE pH A CAMPO ATRAVÉS DO ELETRODO DE ÍON-SELETIVO DE ANTIMÔNIO VISANDO ALTERNATIVA AS AOS MÉTODOS LABORATORIAIS

*PH-field measurement through antimony ion selective electrode aiming alternative as laboratory methods*

SANDER, Leonardo S.<sup>1</sup>, MARTINS, Juliano D.<sup>1</sup> HUBNER, João P.<sup>1</sup>, BENINI, Gabriela<sup>1</sup>,  
KIRCHNER, Jardel H.<sup>1</sup>, UHRY, Daniel<sup>1</sup>, REIS, Jonas R<sup>2</sup>, SCHAFFER, Alexandre<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio grande do Sul Campus Ibirubá, Nelsi Ribas Fritsch –  
1111, 98200-000, Ibirubá - RS, Brasil,

[leonardo.sander@ibiruba.ifrs.edu.br](mailto:leonardo.sander@ibiruba.ifrs.edu.br); [juliano.dalcin@ibiruba.ifrs.edu.br](mailto:juliano.dalcin@ibiruba.ifrs.edu.br);

[joaopaulo.hubner@hotmail.com](mailto:joaopaulo.hubner@hotmail.com); [gaby.benini@hotmail.com](mailto:gaby.benini@hotmail.com);

[jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br](mailto:jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br); [daniel.uhry@ibiruba.ifrs.edu.br](mailto:daniel.uhry@ibiruba.ifrs.edu.br)

<sup>2</sup> STARA – Evolução Constante, Av. STARA 519, 99470-000, Não-Me-Toque – RS, Brasil,  
[jrafael@stara.com.br](mailto:jrafael@stara.com.br); [schafer@stara.com.br](mailto:schafer@stara.com.br)

## RESUMO

O surgimento do setor de máquinas e implementos agrícolas transformou o setor agrícola como um todo, sendo hoje praticamente impossível se pensar em agricultura de larga escala, sem sua utilização. Sensores alternativos chegam para substituir os métodos tradicionais, sobretudo o estudo de formas de mensurar os principais parâmetros do solo, estes ligados ao desempenho das culturas. O presente trabalho justifica-se, pela falta de estudos, para alternativas para mensurar aspectos físicos-químicos do solo no Brasil, trazendo então como objetivo o estudo de uma metodologia que traga resultados concordantes as metodologias tradicionais. As metodologias propostas foram (a) método tradicional de coleta de solo nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, composto de sub-amostras, (b) método de validação, onde se coletava apenas uma amostra apenas no ponto gerado por um programa de geoestatística, nas mesmas camadas ambas enviadas a laboratório e (c) a metodologia com o eletrodo direto no solo, mensurando nos mesmos pontos e camadas da metodologia anterior. Os eletrodos obtiveram desempenho satisfatórios, porém ainda se necessita estudos para aferir sua capacidade de uso.

**Palavras-chave:** Íon-seletivo. Eletrodo de Antimônio. pH *in situ*.

## ABSTRACT

The emergence of the agricultural machinery and implements sector has transformed the agricultural sector as a whole, and today it is practically impossible to think of large-scale agriculture without its use. Sensor alternatives are enough to replace traditional methods, especially the study of ways to measure the main soil parameters, these linked to crop performance. The present work is justified by the lack of studies for alternatives to measure physical-chemical aspects of the soil in Brazil, thus bringing the objective of the study of a methodology that brings results in agreement with the traditional methodologies. The proposed methodologies were (a) traditional soil collection method in the 0-10 cm and 10-20 cm layers, composed of sub-samples, (b) validation method, where only one sample was collected at the point generated by a geostatistical program, in the same layers both sent to the laboratory and (c) the methodology with the direct electrode in the soil, measuring in the same points and layers of the previous methodology. The electrodes had satisfactory performance, but studies are still needed to gauge their ability to use.

**Keywords:** Ion-selective. Antimony electrode. pH *in situ*.

## 1 INTRODUÇÃO

O surgimento do setor de máquinas e implementos agrícolas transformou o setor agrícola como um todo, sendo hoje praticamente impossível se pensar em agricultura de larga escala, sem sua utilização. A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento que visa a tomada de decisão com base em informações georreferenciadas da área, afim de proporcionar um manejo diferenciado de acordo da necessidade da área trabalhada (LUND, 2001).

Por meio de diferentes princípios de sensoriamento, é possível a identificação e o mapeamento de diversos parâmetros de solo e de planta, onde esta identificação permite a melhoria no manejo da cultura e do solo cultivado. O surgimento dos sistemas de posicionamento global (GPS) e programas geoestatísticos (MOLIN, 2015), o mapeamento de determinadas características ou propriedades dos solos passou a ser factível, o que tornou possível a obtenção de diversos mapas, como o de colheita e fertilidade e o estabelecimento de zonas de manejo do solo ou da planta.

Os recentes avanços tecnológicos em sensores portáteis, e equipamentos não tripulados para as medições das características de solo em escala de campo e em tempo real, têm atraído a atenção da pesquisa, na busca pela implementação bem sucedida da agricultura de precisão (BERNARDI, 2014).

A aplicação de fertilizantes/corretivos em taxa variável é uma das práticas básicas da agricultura de precisão. Ele é aplicado para otimizar a eficiência do uso de fertilizantes e reduzir a super ou subutilização dentro dos campos, a fim de aumentar o rendimento das culturas, reduzir o consumo de recursos e reduzir impactos no meio ambiente (SCHIRRMANN, 2010). Todavia a amostragem convencional de amostragem de solo para análise laboratorial ainda possui um custo elevado, com isso umas das técnicas utilizadas dentro de um grid é a produção de uma amostra composta, sendo resultado de uma homogeneização de várias sub-amostras de uma determinada área (MOLIN, 2015), perdendo a variabilidade espacial, deixando uma resolução de amostragem muito ampla e invalidando devido à falta de estrutura espacial. As técnicas de sensoriamento são uma alternativa desafiadora aos métodos padrão de amostragem do solo. No futuro, eles podem fornecer uma alta resolução espacial de amostragem de nutrientes do solo dentro de campos, produzindo uma melhor representação da distribuição de nutrientes do solo em uma resolução em escala de campo (SCHIRRMANN, 2010).

A acidez ativa do solo refere-se a concentração de íon  $H^+$  na fase líquida do solo, sua medida é expressada pelo índice de pH (MEUER, 2006), diz-se que a faixa ideal de pH do solo se encontra na faixa entre 5,5 e 6,5 esta faixa é adotada tomando em conta a taxa de absorção de nutrientes pelas plantas e meio ótimo para atividade de organismo no solo (SCHIRRMANN, 2011), a fins de utilidade agrônômica este é um parâmetro utilizado para a tomada de decisão para a aplicação de corretivos para acidez do solo.

Com uma expansão agrícola progressiva, se faz necessária também o avanço das técnicas de análise do solo, por isso a busca por um equipamento que ofereça uma avaliação de forma dinâmica do estado atual do solo, realizando isto "in situ" é cada vez maior. Sensores encontrados em laboratório não são viáveis para testes a campo devido a fragilidade do equipamento.

O uso do eletrodo de antimônio, ao contrário do eletrodo de vidro (utilizado em laboratório), atende esta capacidade de trabalhar diretamente em contato com o solo, a montagem do eletrodo de antimônio é muito semelhante ao eletrodo de vidro mas consiste em uma placa de antimônio como o eletrodo do sensor. Em sua superfície, um filme adsorvido de trióxido de

antimônio ( $Sb_2O_3$ ) está presente, o qual é formado pela oxidação do ar. O potencial do sensor eletrodo é a consequência de uma reação deste filme adsorvido com íons H na solução. Porém como se tratam de diferentes tipos de eletrodos e métodos de utilização, podem acontecer diferenças de resultado para a mesma amostra. Cátions substituíveis por antimônio causam um distúrbio quando presente na solução e o fosfato é conhecido por ter um efeito sobre o potencial. Além disso, o potencial do eletrodo também pode ser alterado pela agitação da solução. No entanto, vários estudos encontraram boa concordância entre eletrodos de antimônio e eletrodos de vidro para medição de pH em soluções do solo (SCHIRRMANN, 2011).

O presente trabalho justifica-se pelo fato de que a utilização de equipamentos para mensuração de parâmetros físico-químicos do solo "in situ" ainda é recente no Brasil. Existem poucos dados sobre seu funcionamento, eficiência e aplicabilidade quanto aos parâmetros que avalia. Neste sentido, existe a necessidade de maiores investigações sobre o tema buscando, em longo prazo, uma tecnologia para trabalho em tempo real que aperfeiçoe aplicações agrícolas, aumentando a produtividade no campo.

Com o objetivo claro de comparar metodologias para leitura de pH em água entre laboratório e "in situ", em diferentes camadas. Visando a concordância entre os métodos, e procurando avaliar se a nova metodologia proposta utilizando os mesmos pontos, consegue formar as mesmas bandas de escala de unidades de pH em mapas georeferenciados.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

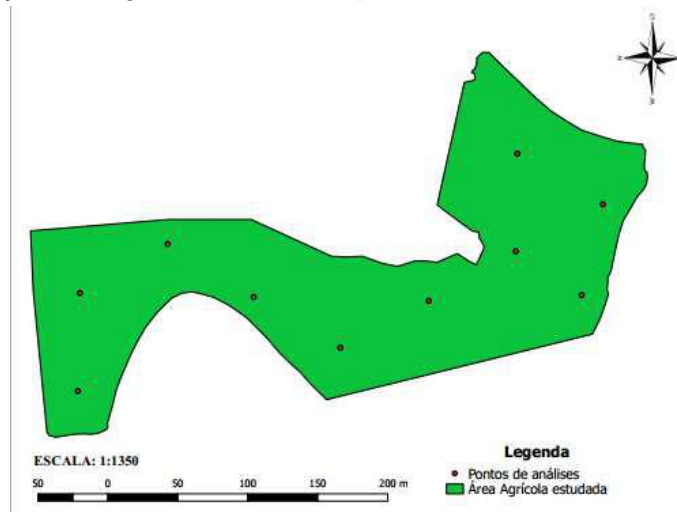
A área agrícola do IFRS - Campus Ibirubá está situada na região fisiográfica do Planalto Médio, Rio Grande do Sul, Brasil, com clima Cfa - subtropical úmido (MORENO, 1961). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico (EMBRAPA, 2006). Com altitude média de 416 m acima do nível do mar a área de lavoura utilizada está localizada sob coordenadas de latitude  $28^{\circ}39'13.99''$  S e longitude  $53^{\circ}31.23''$  O, e possui aproximadamente 6,5 hectares com sistema plantio direto consolidado.

Para realização das análises e coletas de solo da área, esta foi dividida em grids de amostragem (Figura 1), utilizando o software QGIS 2.18. Com base nos conceitos da agricultura de precisão, foi determinado 10 pontos em grids de amostragem com 0,5 ha para melhor identificação da fertilidade da área devido ao fato da área apresentar partes com erosão do solo e beiradas de matas.

As avaliações de pH seguiram três metodologias: (a) metodologia tradicional, que contou com coletas de amostras de solo conforme Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde em um raio de 20 m de cada ponto foram realizadas 10 coletas de sub-amostras, nas camadas de 0-10 cm, e 10-20 cm. Após coleta, realizou-se a homogeneização das sub-amostras para compor uma amostra composta, acondicionadas em sacos de papel com suas respectivas identificações, estas encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos e Tecido Vegetal do IFRS Campus Ibirubá, onde foram secas em estufas de circulação de ar forçada a uma temperatura de  $65^{\circ}C$ , e posteriormente trituradas a uma granulação de 2 mm, para que fosse possível realizar as análises de pH em água.



Figura 1 - Representação cartográfica da área experimental avaliada com os pontos gerados.



O pH em água, na relação solo: água de 1:1, será determinado em amostras de 10 mL com adição de 10mL de água destilada e agitação com bastão de vidro. A determinação é feita após 30 minutos de repouso em peagâmetro com eletrodo de vidro; (b) a metodologia de validação, é semelhante a primeira, porém a fim de comparação com o eletrodo de antimônio, neste caso foram abertas trincheiras de 20 cm de profundidade em cada ponto pré-definido, e coletadas amostras simples das camadas de 0-10 cm e 10-20 cm. As amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos e Tecido Vegetal do IFRS Campus Ibirubá, onde foram secas em estufas de circulação de ar forçada a uma temperatura de 65 °C, e posteriormente trituradas a uma granulação de 2 mm, para que fosse possível realizar as análises de pH em água. O pH em água, na relação solo:água de 1:1, será determinado em amostras de 10 mL com adição de 10mL de água destilada e agitação com bastão de vidro; (c) Para a avaliação de pH do solo com o eletrodo de íon-seletivo de antimônio, utilizou-se um par do mesmo, estes foram aferidos uma operação antecedente as leituras, nesta aferição foram utilizadas duas soluções tampão de pH 4,01 e pH 7,01. Para a operação foram abertas trincheiras no solo com 20 cm de profundidade, nos pontos pré-selecionados, nesta foram feitas leituras em quatro profundidades diferentes, são elas 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm; e 15-20 cm, a posição de inserção do eletrodo ficava na média da camada, para a leitura era aguardado que elas estabilizassem durante 10 segundos no software que acompanha o equipamento, o tempo para estabilização variava de uma leitura para outra, para representar as camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm, obtidas no equipamento, foram feitas as médias aritméticas dos valores das camadas 0-5 cm; 5-10 cm para a camada 0 – 10 cm, e 10-15 cm; e 15-20 cm para a camada de 10 – 20 cm.

Os mapas de pH foram realizados no software de geoprocessamento QGis 2.18.0, a interpolação feita através do método de krigagem, os parâmetros utilizados foram de tamanho de célula de 2,0, raio de procura para interpolações igual a 800,0 metros, mínimo de pontos utilizados para interpolação de 4 pontos e máximo 10 pontos, por ter um número baixo de pontos a função a seguir " $a + b * x + c * x^2$ ", por ter se adequado em todas as situações. As escalas de cada mapa possuem um intervalo de 0,5 unidades de pH, e cada um possui 5 escalas. Os mapas que representam a camada de 0-10 cm, partem do 5,0 para 7,0 unidades de pH, já da camada de 0-20 cm partem do 4,5 para 6,5 unidades de pH, esta adequação foi realizada para poder englobar as amplitudes de dados coletados.

Os resultados coletados a campo e em laboratório foram processados, afim de comparar as diferentes metodologias propostas, esta validação foi realizada a partir da concordância entre as metodologias tradicionais de laboratório com a metodologia realizada a campo. A metodologia para avaliação de pH do solo com o eletrodo de íon-seletivo de antimônio (pHIS), foi comparada nas duas camadas estudadas com a metodologia tradicional (pHAP), e a metodologia de validação (pHVD).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma concordância entre os valores de pH obtidas entre os métodos (pHIS x pHAP), e (pHIS x pHVD), próximo de “cem” caracteriza uma concordância quase que perfeita entre o dado estimado e o dado observado (PICOLI et al., 2019). A concordância do valor de pH (pHIS x pHAP), ficou entre 87,9 a 110,7% para as camadas de 0-10cm e 20 a 20cm. Já a concordância do valor de pH (pHIS x pHVD), variou entre 82 a 103%. Como citado anteriormente Schirrmann (2011), afirma que como existem diferenças nos modos de leitura para cada eletrodo, assim de certa forma explica-se em parte a discordância encontrada. Assim como nos laboratórios que prestam serviços de análises de solo, adotou-se uma tolerância de mais ou menos 5%, então esta variava de 95% até 105% nas avaliações de concordância. As comparações a fim de determinar o  $R^2$  das camadas entre os métodos não foi satisfatório, estes que se mostraram em níveis baixos de representatividade da amostra de dados, tal comportamento também foi encontrado por Silva (2018).

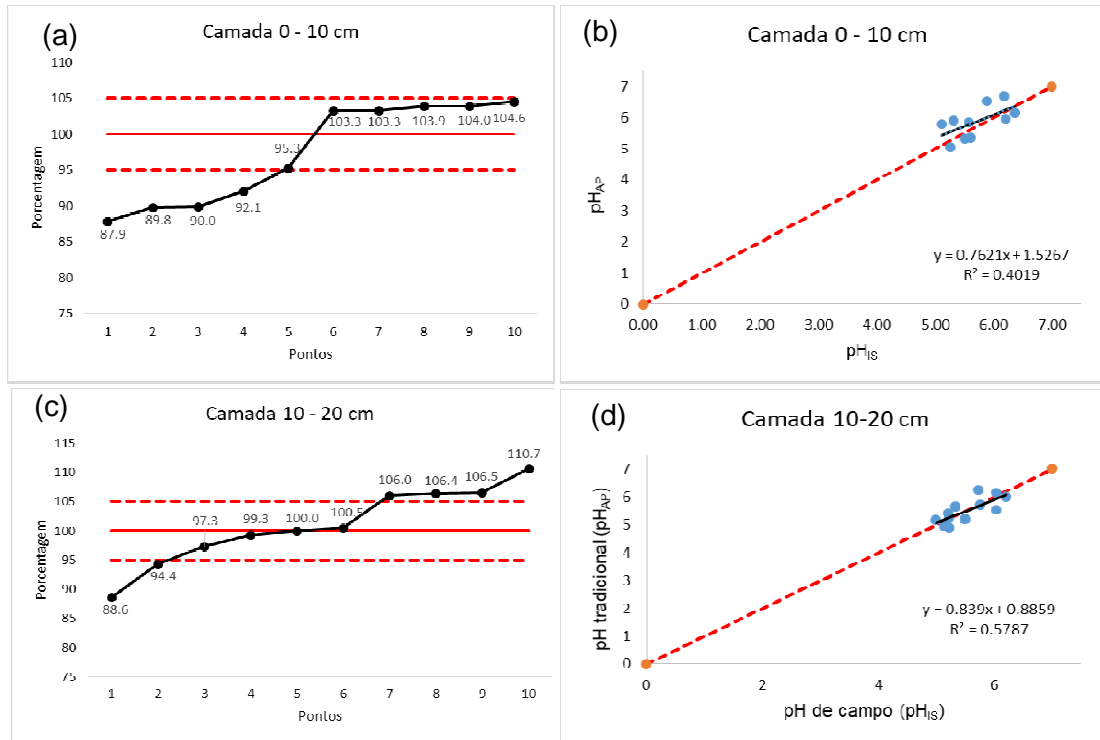
Para a camada de 0-10 cm, a comparação entre os métodos  $pH_{IS}$  e  $pH_{AP}$ , seis pontos avaliados ficaram dentro da faixa proposta anteriormente no teste de concordância, e 4 pontos abaixo dos 95%, como apresentados pela figura 2 (a), a média final da concordância foi de 97,4%, pertencendo a faixa pretendida, conforme mencionado por Cruz et al. (2015) quando utilizasse comparação entre métodos de determinação de parâmetros químicos.

A comparação entre os valores obtidos entre os pontos apresenta comportamento distintos, quando o  $pH_{AP}$  apresenta níveis baixos de pH, o eletrodo de íon-seletivo superestima estes valores, ao contrário, quando os níveis aumentam o eletrodo subestima estes valores, esta variação faz com que o  $R^2$  não seja elevado, neste caso o  $R^2$  é igual a 0,40 apresentado pela Figura 2 (b).

A camada de 10-20 cm, por sua vez teve apenas 4 pontos englobados pelo intervalo, apresentado pela figura 2 (c), porém teve uma média de 101,0%, chegando o mais próximo do ideal. O comportamento das leituras de pH, obtiveram a mesma tendência comentado anteriormente, onde se superestima os níveis mais baixos de pH e subestima-se os mais altos, tanto que seu  $R^2$  fica próximo de 0,6 de acordo com a figura 2 (d), existe uma melhora porém não expressiva.

O pH é um atributo que apresenta menor variabilidade espacial como apresentado por por Mattioni et al. (2013), Gazolla-Neto et al. (2016). Esta baixa variabilidade espacial está ligada ao fato do pH ser dependente, principalmente, de características intrínsecas do solo, ou seja, de características relacionadas aos processos de formação do solo, sendo estes praticamente homogêneos (CORRÊIA et al. 2017).

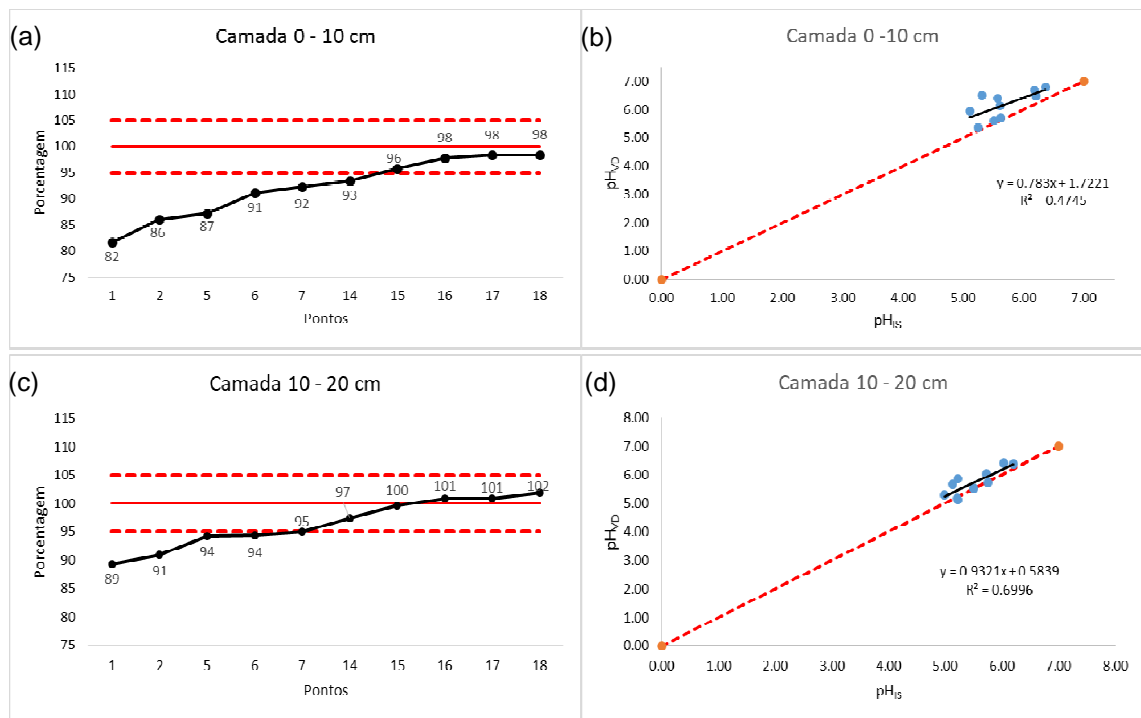
Figura 2 - Gráficos representativos ao teste  $pH_{IS}$  X  $pH_{AP}$ , (a) concordância (%) entre os métodos que atingiram ou não ao parâmetro estabelecido; (b) correlação entre métodos estabelecendo uma linha de tendência; (c) concordância (%) entre os métodos que atingiram ou não ao parâmetro estabelecido; (d) correlação entre métodos estabelecendo uma linha de tendência.



A comparação entre  $pH_{IS}$  e  $pH_{VD}$ , mesmo tendo uma pequena variabilidade espacial, por ser composto de amostras da mesma trincheira utilizada para o eletrodo, ainda foi encontrada uma variabilidade entre os métodos. Para a camada de 0-10 cm, apenas quatro amostras ficaram entre a faixa estabelecida, e seis pontos ficaram abaixo dos 95%, repetindo a variabilidade de dados quando comparado ao método  $pH_{AP}$ , e sua média de concordância não alcançou 95%, que era o valor de concordância esperado conforme Bizzi et al., 2018, atingindo valor de 94%, tal comportamento é apresentado pela figura 3 (a).

Em todos os casos na camada de 0-10cm, os valores de pH foram subestimados pelo eletrodo, não demonstrando tendências como anteriormente apresentado, mesmo com poucas amostras dentro da faixa de concordância teve-se um aumento do  $R^2$ , ficando com 0,47, apresentado por figura 3 (b). Para a camada de 10-20 cm, o número de valores amostrais dentro da faixa aumentou para 6, apresentado pela figura 3 (c), também não demonstrando tendências, mas repetindo a camada de 0-10 cm o  $R^2$  foi elevado para 0,69, apresentado pela figura 3 (d).

Figura 3 - Gráficos representativos ao teste  $pH_{IS}$  X  $pH_{VD}$ , (a) concordância (%) entre os métodos da camada 0-10 cm que atingiram ou não ao parâmetro estabelecido; (b) correlação entre métodos estabelecendo uma linha de tendência; (c) concordância (%) entre os métodos da camada 10-20 cm que atingiram ou não ao parâmetro estabelecido; (d) correlação entre métodos estabelecendo uma linha de tendência.

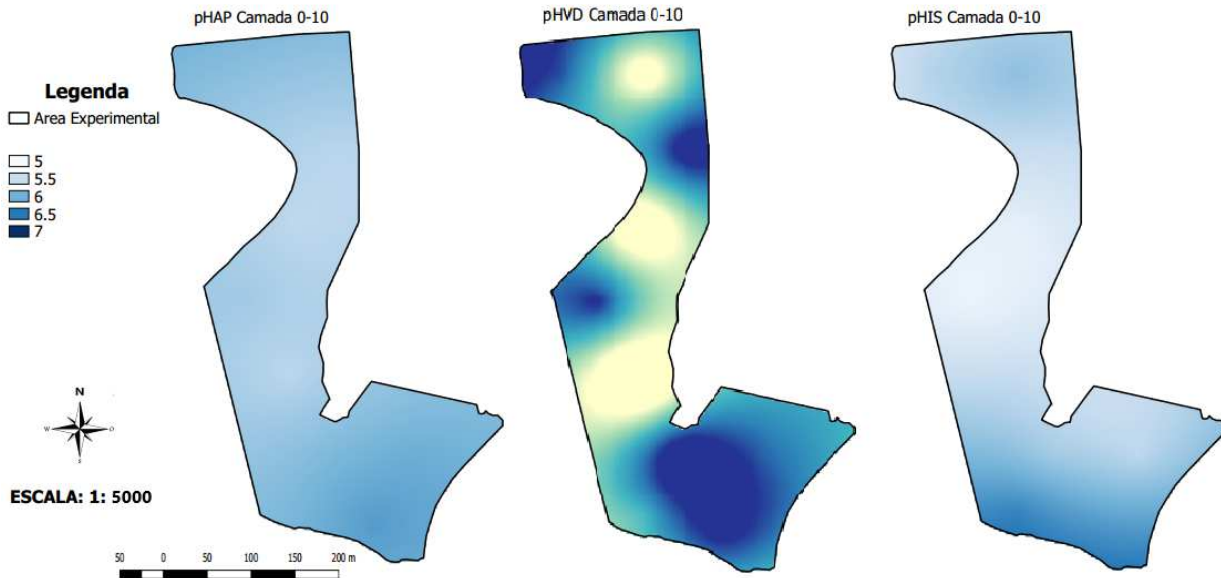


Silva (2018), também encontrou valores de  $R^2$  baixos e ainda tendo uma malha muito maior de dados, por não encontrar um padrão. A partir disso ele propôs uma calibração, exigindo uma filtragem dos dados, adotando parâmetros que coloquem limites de diferenças entre os pares de eletrodos quando inseridos no solo, estes consistem em fazer novas leituras quando a diferença entre eletrodos fosse discrepante entre um e outro.

A partir da validação dos dados foram confeccionados mapas geoestáticos, a partir dos pontos coletados e avaliados de forma espacial, a fim de relacionar de que se a diferença encontrada poderia causar interferência na interpretação dos mesmos.

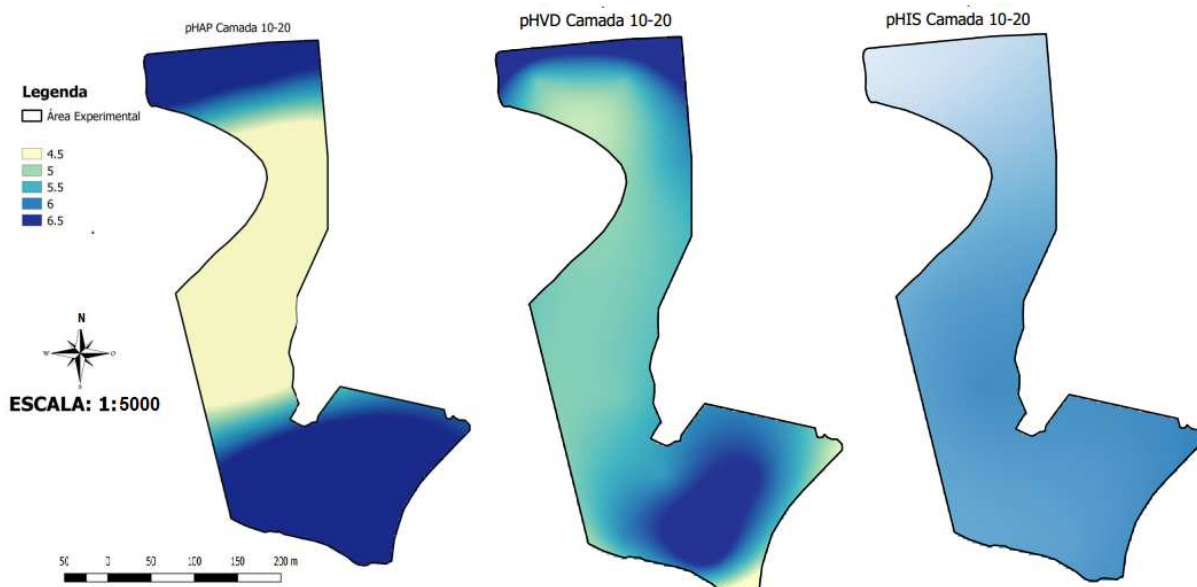
Os mapas de 0-10 cm apresentados pela figura 4, podem ser relacionados com os testes de concordâncias, como o mapa que usa a comparação de pontos para calcular as interpolações entre os pontos, julga-se que como os pontos de  $pH_{IS}$  e  $pH_{AP}$  possuem 6 pontos que se correlacionam entre a faixa adotada, a própria metodologia de inserção dos pares do eletrodo ao longo da camada geram um maior número de dados amostrais para a média, gerando uma variabilidade amostral, o mesmo é apresentado no mapa com a relação entre os mesmos. Porém o fato não se concretiza com a relação entre  $pH_{IS}$  e  $pH_{VD}$ , esse fato pode ser atribuído a baixa variabilidade espacial deste tipo de amostra transformando cada ponto em extremos, assim gera-se um mapa com diferentes zonas de pH.

Figura 4 - Mapas geoestatísticos de pH da camada de 0-10 cm, em sequência da esquerda para direita as metodologias,  $pH_{AP}$ ,  $pH_{VD}$  e  $pH_{IS}$ , em escala 1:5000.



A camada de 10-20 cm, apresentado pela figura 5, observa-se que a metodologia dos eletrodos não foi eficiente, os dois primeiros mapas dos métodos  $pH_{AP}$  e  $pH_{VD}$ , apresetam zonas ao extremo norte e sul, zonas com pH mais elevado, já o  $pH_{IS}$  não consegue reconhecê-la, apontando que a distribuição de uma faixa homogênea de pH.

Figura 5 - Mapas geoestatísticos de pH da camada de 10-20 cm, em sequência da esquerda para direita as metodologias,  $pH_{AP}$ ,  $pH_{VD}$  e  $pH_{IS}$ , em escala 1:5000.



Silva (2013) aponta que a não utilização de sensores complementares por parte dos

eletrodos, como temperatura e umidade, diferente do laboratório podem trazer ruídos as leituras, pelo aparelho não saber a situação do solo e absorver um dado não condizente com a situação. Também vale ressaltar, que a chegada de tal equipamento permite um maior número de análises de solo em uma área com um menor custo, podendo assim ter fidelidade aos dados de laboratório, em trabalho realizado por Lund, et al. (2004), afirma-se que a leitura direta no solo, consegue atingir uma alta correlação com a metodologia laboratorial, porém a densidade de amostras à campo era de aproximadamente 47 amostras, para uma enviada a laboratório.

#### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se com este trabalho que os eletrodos de íon-seletivo de antimônio, tem um grande potencial de entrar no mercado como uma alternativa aos testes tradicionais de laboratório, porém ainda deve-se tomar cuidado quanto ao seu uso. O atrelamento destes sensores como temperatura e umidade possa torna-lo mais preciso uma filtragem dos dados gerados a campo deve ser um dos passos para o seu processamento, por não se tratar de um ambiente controlado. Para trabalhos futuros sugere-se um estudo com um maior número de pontos, para aumentar a variabilidade espacial, também deve abranger as mais diversas situações, para determinar os limites ou quais situações os eletrodos conseguem ter um melhor desempenho.

#### REFERÊNCIAS

- BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de Mendonça.; RESENDE, Á. V.; BASSOI, Luís H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- BIZZI, C. A.; CRUZ, S. M.; SCHMIDT, L.; BURROW, R. A.; BARIN, J. S.; PANIZ, J. N. G.; FLORES, E. M. M. **Maxwell–Wagner Effect Applied to Microwave-Induced Self-Ignition: A Novel Approach for Carbon-Based Materials**. Anal. Chem .2018 v90 n7 pg4363-4369.
- CORRÊA, M. F.; NAVROSKI, R.; GOMES, A. D.; NETO, A. G.; NADAL, A. P.; FLORES, J. H. N.; VERGARA, R. O.; GADOTTI, G. I.; SCHUCH, L. O. B. **Variabilidade Espacial dos Atributos Químicos e Agronômicos do Solo em Campo de Produção de Sementes de Trigo**. Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 4, out./dez., p. 500-509, 2017.
- CRUZ, S. M.; SCHMIDT, L.; NORA, F. M. D.; PEDROTTI, M. F.; BIZZIA, C. A.; BARIN, J. S.; FLORESA, E. M. M. **Microwave-induced combustion method for the determination of trace and ultratrace element impurities in graphite samples by ICP-OES and ICP-MS**. Microchemical Journal, V. 123, Nov. 2015, Pag. 28-32.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- GAZOLLA-NETO, A.; CORRÊA, M.F.; VERGARA, R.O.; GADOTTI, G.I.; VILLELA, F.A. **Spatial distribution of the chemical properties of the soil and of soybean yield in the field**. Revista Ciência Agronômica, v.47, n.2, p.325-333, 2016.

LUND, E.D.; WOLCOTT, M.C.; HANSON, G.P. **Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology.** *Scientific World*. v.1, p.767-776, 2001.

LUND, E. D.; COLLINGS, K. L.; DRUMMOND, P. E.; CHRISTY, C. D.; ADAMCHUK, V. I. **Managing pH Variability With On-The-Go pH Mapping.** In: Proceedings of the Seventh International Conference on Precision Agriculture. Ed. D.J. Mulla, The Precision Agriculture Center, University of Minneapolis, St Paul, MN, USA, Jan. 2004. Disponível em : <[https://www.researchgate.net/publication/253225881\\_MANAGING\\_pH\\_VARIABILITY\\_WITH\\_ON-THE-GO\\_pH\\_MAPPING](https://www.researchgate.net/publication/253225881_MANAGING_pH_VARIABILITY_WITH_ON-THE-GO_pH_MAPPING)>. Acesso em: 21, set. 2019.

MATTIONI, N.; SCHUCH, L.; VILLELA, F.; ZEN, H.; MERTZ, L. **Fertilidade do solo na qualidade fisiológica de sementes de soja.** *Revista Brasileira Ciências Agrárias*. Recife, v.8, n.4, p.656-661, 2013.

MEUER, E. J.. **Fundamento de Química do Solo.** 3. Ed. Porto Alegre, RS: Evangraf, 2006.  
MOLIN, J. P.; COLAÇO, A. F.. **Agricultura de precisão.** 1. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2015.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

PICOLI, M. C. A.; RUDORFF, B. F. T.; RIZZI, R.; GIAROLLA, A. **Índice de Vegetação do Sensor MODIS na Estimativa da Produtividade Agrícola da Cana-de-açúcar.** Instituto Agrônomo de Campinas, vol. 68, n. 3, *Bragantia*, Brasil, 2009.

SCHIRRMANN, M.; DOMSCH, H.. **Sampling Procedure Simulating on-the-go sensing for soil nutrients.** *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2010 , 174, 333-343.  
SCHIRRMANN, M.; GEBBERS, R.; KRAMER, E.; SEIDEL, J. **Soil pH Mapping with an On-The-Go Sensor.** *Sensors*, 2011, 11, 573-598.

SILVA, Fernanda Cristina de Souza. **Mensuração direta do pH do solo em campo por meio de eletrodos íon-seletivos.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. doi:10.11606/D.11.2013.tde-19122013-103919. Acesso em: 2019-08-27.

SILVA, F. C. S.; MOLIN, J.P. **On-the-go tropical soil sensing for pH determination using ion-selective electrodes.** *SciELO Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Vol 53 nº 11. Brasília: Nov 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de calagem e adubação para os Estados do rio Grande do Sul e Santa Catarina. Sociedade brasileira de Ciência do Solo – Núcleo regional Sul. RS/SC, 2016. 376p.

## O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO GNDVI OBTIDO POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE MILHO

### *GNDVI vegetation index obtained by remotely pilot aircraft and its correlation with corn grain productivity*

Luiz Felipe Diaz de Carvalho<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>, José Cardoso Sobrinho<sup>3</sup>,  
Lúcio de Paula Amaral<sup>4</sup>, Christian Bredemeier<sup>5</sup>, Jardes Bragagnolo<sup>6</sup>, Luan Pierre<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Geomática, Discente no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo na UFSM, felipe@politecnico.ufsm.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Bolsista do CNPq, Professor Titular, UFSM, proftelmoamado@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Professor associado da UFSM, jcardosos@smail.ufsm.br

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, docente do Departamento Engenharia Rural CCR-UFSM e do PPGAP-UFSM, amaralufsm@gmail.com

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Docente no Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão da UFSM e Professor Associado da UFRGS. bredemeier@ufrgs.br.

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. jardesb@yahoo.com.br

<sup>7</sup> Engenheiro Agrônomo, Discente no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola na UFSM, luanpierrepott@hotmail.com

### RESUMO

Índices de vegetação (IV) são utilizados em diversas áreas na agricultura, devido a possibilidade de se correlacionar com características agrônômicas das culturas e conseqüentemente com produtividade de grãos. O objetivo do estudo foi avaliar a relação do GNDVI obtido por Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP), e correlacionar com a produtividade de grãos na cultura do milho, em diferentes estádios fenológicos. O experimento contou com 5 tratamentos de doses diferentes de nitrogênio (N), e buscou gerar variabilidade de potencial produtivo da cultura, sendo estas: 20, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, tendo sido instalado em cinco blocos ao acaso, com cinco repetições de cada tratamento. Foram realizadas leituras de GNDVI por meio da plataforma SARP (sensor MicaSense Parrot Sequoia) nos estádios fenológicos V5, V6, V7, V9, V11 e V12. O GNDVI na plataforma SARP obteve relações significativas com a produtividade de grãos de milho nos diferentes estádios avaliados, sendo que no estágio fenológico V6, ocorreu o melhor valor de coeficiente de determinação com a produtividade de grãos obtendo R<sup>2</sup>= 0,81.

**Palavras-Chave:** Estádios fenológicos, SARP, Agricultura

### ABSTRACT

Vegetation index (IV) are used in several areas in agriculture due to the possibility of correlating with crop agronomic characteristics and consequently with grain yield. The objective of this study was to evaluate the relation of GNDVI obtained by Remotely Piloted Aircraft System (SARP), and to correlate with grain yield in corn crop, in different phenological stages. The experiment consisted of 5 treatments of different doses of nitrogen (N), and sought to generate crop yield potential variability, which were: 20, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of N, having been installed in five blocks. at random with five repetitions of each treatment. GNDVI readings were taken through the SARP platform (MicaSense Parrot Sequoia sensor) at the phenological stages V5, V6, V7, V9, V11 and V12. The GNDVI in the SARP platform obtained significant relationships with corn grain yield in the different evaluated stages, and in phenological stage V6, the best coefficient of determination with grain yield was obtained with R<sup>2</sup> = 0.81.

**Keywords:** Phenological stage. SARP, Agriculture.



## 1 INTRODUÇÃO

Existem diversas maneiras de se estimar a produtividade de grãos de culturas agrícolas, que incluem métodos destrutivos e outros que preservam as plantas. A respeito dos primeiros, apesar de serem considerados mais precisos, apresentam o inconveniente de serem mais onerosos e demorados de serem empregados, principalmente em grandes áreas (PANNETON e BROUILLARD, 2009). Assim, tecnologias que possuem capacidade de mensurar características que se relacionam com a produtividade de grãos remotamente são de grande valia para predição de produtividades à nível de campo. O sensor embarcado em plataforma aeronave remotamente pilotada (ARP) ou sistema de aeronave remotamente pilotada (SARP) pode fornecer imagens de alta resolução espaço-temporal, e as pesquisas exploratórias têm conduzido para predição de rendimento (ZHOU et al., 2017).

Sensores remotos orbitais ou embarcados em SARP e sensores proximais podem auxiliar no levantamento de informações ópticas para confecção de índices de vegetação (IV), que podem ser relacionados com a produtividade de grãos de milho (PERALTA et al., 2016; SCHWALBERT et al., 2018).

Para tanto, a seleção dos IV mais apropriados para cada situação é passo determinante para o desenvolvimento de modelos de predição da produtividade de grãos (PERALTA et al., 2016). O índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index*) NDVI descrito por Rouse et al. (1973) é um dos IV mais amplamente utilizados para avaliar o crescimento e a produtividade das culturas (RAUN et al., 2011; PERALTA et al., 2016).

No entanto, existem algumas restrições relacionadas à saturação nos valores de NDVI quando o índice de área foliar (IAF) for médio a alto (HABOUDANE et al., 2004; NGUY-ROBERTSON et al., 2012). O GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) relatado por Gitelson et al. (1996) e Schwalbert et al. (2018), têm sido utilizados para aprimorar modelos de predição (HATFIELD et al., 2008; PERALTA et al., 2016; SCHWALBERT et al., 2018).

O uso de IV provenientes de plataformas sensoriais (Satélites, SARP ou proximal), permitem que se realize a identificação, *in situ* do estado nutricional e do potencial produtivo, em diferentes estádios vegetativos da cultura do milho, que possibilita que a adubação nitrogenada possa ser ajustada e aplicada de acordo com o potencial produtivo estimado (LI et al., 2010; VIAN et al., 2018).

Os IV podem ser gerados durante todos os estádios de desenvolvimento da cultura. Apesar disso, as relações dos IV com a produtividade de grãos em função dos estádios de desenvolvimento do milho são pouco conhecidas, sendo importantes para o desenvolvimento de algoritmos adaptados para a cultura. A correlação dos IV com dados que reflitam o resultado final do desenvolvimento da cultura, a exemplo da produtividade de grãos, é de suma importância para prever potenciais produtivos dentro das áreas agrícolas (SCHWALBERT et al., 2018). Nesse sentido, o conhecimento do comportamento dos IV para os principais estádios fenológicos da cultura do milho assume relevante papel.

O objetivo deste estudo foi avaliar as correlações entre o IV GNDVI obtido em diferentes estádios fenológicos através de SARP, com a produtividade de grãos de milho e a partir disso, criar modelos para estimativa da produtividade com base nos valores do IV sensoriado em distintos estádios fenológicos do milho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido no ano agrícola 2017/2018, na área experimental do Colégio Politécnico, localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria, na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, em latitude 29° 43' S, longitude 53° 44' O e 112 m de altitude. De acordo com a classificação climática de Alvarez et al. (2013), o clima da região é o "Cfa", com temperaturas médias anuais de 19,3°C e precipitação média anual de mais de um mil e setecentos mm. O solo da área foi descrito e classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2008; SANTOS et al., 2015). Ocorreu em relevo suave ondulado. No local, foram coletadas amostras compostas de solo, a partir de subamostras representativas, na profundidade 0-10 cm, com vistas a realização das análises químicas, para nortear a recomendação da adubação da lavoura de milho, e do enquadramento da classe textural do solo da área de cultivo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados. Na área foram implantados sob pivô central, cinco blocos medindo 20 x 20m, cada qual, totalizando 400 m<sup>2</sup> individualmente. Em cada bloco, foram distribuídos cinco tratamentos, com cinco repetições cada, que constituíram as parcelas individuais, nas medidas de 4 x 4m, perfazendo uma área experimental de 1.600 m<sup>2</sup>. Na colheita, cada repetição 4x4 m foi dividida em parcelas de 2x1 m, contendo oito parcelas cada repetição, cada uma com duas linhas de plantio, contendo 16 plantas no total, sendo oito por linha.

O milho foi semeado no dia 24 de outubro de 2017, empregando-se a variedade Pioneer 30F53 YH, com 0,5 metros de espaçamento entrelinhas e 4 sementes por metro, com população esperada de 80.000 plantas por hectare, na população final, após procedimento de desbaste (para fins de uniformização do número de plantas). A fertilização de base consistiu em 150 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 05-30-15.

As doses de N que constituíram os tratamentos distintos de adubação nitrogenada foram fornecidas na forma de uréia (45%) complementares a adubação de base, onde: T1: 20 kg de N ha<sup>-1</sup>; T2: 60 kg de N ha<sup>-1</sup>; T3: 120 kg de N ha<sup>-1</sup>; T4: 180 kg de N ha<sup>-1</sup>; T5: 240 kg de N ha<sup>-1</sup>. A sua aplicação ocorreu a lanço, em cobertura, e em evento único (sem parcelamento de dose), no dia 02 de novembro, ou seja, transcorridos 8 dias pós-semeadura do milho. Na referida data, ocorreu uma precipitação de 17,4 mm (dados da estação do INMET Santa Maria), e no dia seguinte, registrou-se outro evento pluviométrico de 20,4 mm, ambos contribuindo para a incorporação e solubilização satisfatória da uréia.

Para os trabalhos de sensoriamento remoto, procedeu-se a subdivisão das parcelas (de 16m<sup>2</sup>) em 8 repetições, cada qual, com área de 2 m<sup>2</sup>, e constituída por 16 plantas alvo. Assim, ao final, 800 repetições foram sensoriadas, tanto em procedimentos terrestres como aéreos, ambos realizados nos estádios fenológicos V5, V6, V7, V9, V11 e V12.

Um SARP caracterizado por uma aeronave modelo Phantom 4 (DJI®), foi utilizado para os procedimentos de levantamentos aéreos. O sensor embarcado constou de uma câmara Parrot Sequoia (MicaSense®), capaz de registrar a radiância no comprimento de onda da região do verde (550 nm ± 5 nm), vermelho (660 nm ± 5 nm), borda do vermelho (735 ± 5 nm) e infravermelho próximo (790 ± 5 nm), com resolução de 1.2 Mp e resolução RGB de 16 Mp, equipada com sensor de irradiância incidente.

As missões de voo foram planejadas no programa Dronedeploy®, gerando um voo automático sobre a área em estudo, a 15 metros acima do dossel da cultura, utilizando 80 % de recobrimento tanto na lateral quanto longitudinal.

O sensor fez a captura das fotos aéreas de modo automático e as quatro bandas foram tratadas separadamente.

O programa empregado para tratar e extrair as informações das imagens foi o PIX4D mapper Pro-Educational®, versão 3.3.29. Em todas as etapas, após executados os processamentos das informações geradas tais como: Georreferenciamento das imagens, ortoretificação e mosaicagem, foi elaborado o índice GNDVI = (RIVP – Verde) / (RIVP + verde).

Estes processos foram realizados no software ArcGIS Desktop®. Para a geração dos mapas temático de produtividade foi escolhido o melhor bloco quanto a resposta de produtividade, que no experimento foi o número cinco. Neste bloco foi organizado no Excel as seguintes colunas: tratamentos de T1 a T5 com suas respectivas repetições, produtividade, a média do GNDVI de cada tratamento, e a produtividade estimada pela equação de regressão (Figura 3), cada linha da tabela foi georreferenciada e obtidas as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), para espacializar a informação. Os mapas temáticos foram confeccionados utilizando método krigagem com a confecção de semivariograma, modelo Gaussiano, utilizando o software R.

O processo de colheita das espigas de milho e o beneficiamento foram realizados de forma manual, sendo a coleta e embalagem das espigas, assim como a quantificação da produtividade, executadas individualmente. Após a colheita que totalizou 1.600 m<sup>2</sup>, foi efetuada a debulha mecanizada, utilizando um debulhador acoplado a um trator. A determinação da leitura do teor de umidade dos grãos ocorreu antecedendo a debulha de cada bloco/tratamento, utilizando o equipamento da marca Agrológic, modelo AL-101, com balança acoplada.

Para a análise dos dados realizou-se o teste de normalidade dos dados usando o Shapiro teste, sendo que os dados que não apresentaram normalidade foram submetidos a rotina Box-Cox nos parâmetros avaliados. Detectou-se que a maioria dos dados são não normais, mas devido a abundância dos dados mais de 3.000 informações (*big data*), foi realizada a análise de correlação e equação da reta, onde foi testada a normalidade do resíduo da análise de variância, que discriminou a normalidade e o coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>) do ajuste matemático dos parâmetros avaliados.

As leituras de GNDVI com a produtividade foram relacionadas por meio da análise de correlação de Pearson; (P<0,05). Para gerar os mapas temáticos, utilizou-se um pacote de ferramentas do *software* Excell (MICROSOFT OFFICE, 2013), e fora estimada a equação de regressão para estimar a produtividade.

Esta equação foi determinada da seguinte forma: em V12 foi isolado os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 do bloco 5, onde considerando-se o índice GNDVI e a produtividade, formou-se um conjunto de 543 observações do índice. Destas amostras, foram separadas em duas bases de dados, sendo a primeira de 271 amostras, utilizada para à geração da equação pelas médias de T1, T2, T3, T4 e T5 do GNDVI e da produtividade. Com o uso do segundo conjunto de dados com as 272 amostras restantes, buscou-se realizar a validação dos dados, obtendo-se novamente as médias dos tratamentos para GNDVI e da produtividade, possibilitando testar a equação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

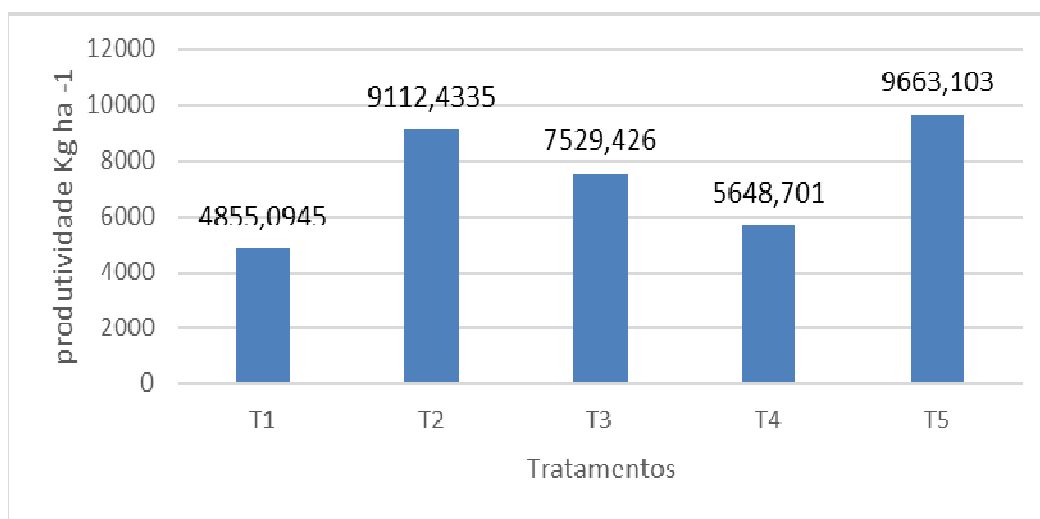
A produtividade de grãos do experimento obteve média de 7.529 Mg ha<sup>-1</sup>, obtendo variação entre os tratamentos de 4.855 Mg ha<sup>-1</sup> no tratamento T1 até 9.663 Mg ha<sup>-1</sup> no tratamento T5 (Figura 1). Atribui-se essa discrepância de produtividade de grãos ao efeito dos tratamentos com diferentes doses de N dispostos no experimento.

Nos cenários de dependência das condições meteorológicas, dentre outras, específicas

das áreas de cultivo, a capacidade de prever a produtividade da cultura do milho, de forma rápida e utilizando métodos não destrutivos, em tempo real, baseados no Sensoriamento Remoto é tendência crescente, de grande aplicabilidade nas tomadas de decisão (BOLTON e FRIEDL, 2013; ZHAO et al., 2007).

Neste trabalho, no que tange os resultados obtidos nos tratamentos T3 e T4 (Figura 1), existia a expectativa de que acompanhassem certa tendência de crescimento, acompanhando a relação das doses de N aplicado (RAUN et al., 2008). A não verificação destes resultados, pode ser justificada por prováveis distúrbios fisiológicos, decorrentes da salinização da rizosfera, devido ao excesso de N aplicados em uma dose única.

Figura 1 – Produtividade de grãos de milho em relação aos tratamentos de diferentes doses de N com barras de erro padrão, cultivado na safra agrícola 2017/2018, em Santa Maria, RS.



Para o índice GNDVI (Figura 2) do sensor embarcado na plataforma SARP, os valores sofreram incrementos nítidos ao longo dos estádios fenológicos, Zhou et al. (2017) relatou também esse comportamento.

A correlação da produtividade de grãos do milho com as leituras dos IV GNDVI nos diferentes estádios fenológicos da cultura (Figura 3) evidenciou que se destacaram os estádios de desenvolvimento mais tardios, isto deve-se a resposta ao aumento da biomassa (GITELSON et al., 2013).

Com relação aos resultados obtidos para os estádios iniciais da cultura, temos que, em V6, o GNDVI obteve correlação significativa com a produtividade de grãos. Isto pode ser atribuído à forte associação do comprimento de onda verde ao teor de clorofila das plantas e, portanto, ao status de absorção de N. Resultado deste trabalho mostra que os valores lidos para este índice, nesse período, foram consoantes com a indicação de disponibilidade de N na cultura, (Fox e Walthall 2008 e Hunt et al. 2013) também relataram esse comportamento.

Figura 2 – Box plot do índice de vegetação GNDVI nos diversos estádios fenológicos da cultura do milho. Ano agrícola 2017/2018, em Santa Maria, RS.

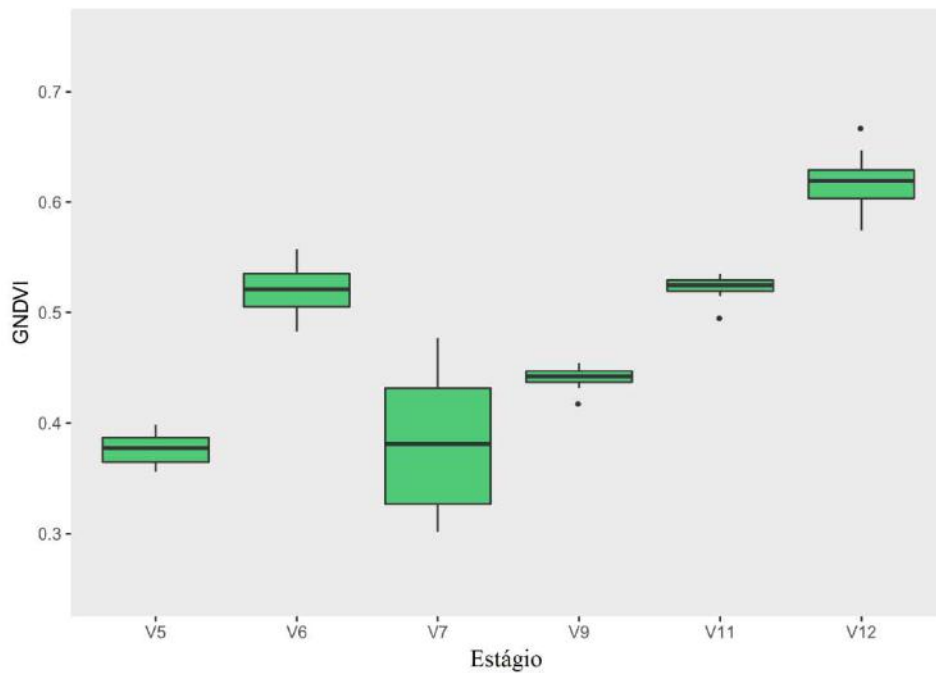
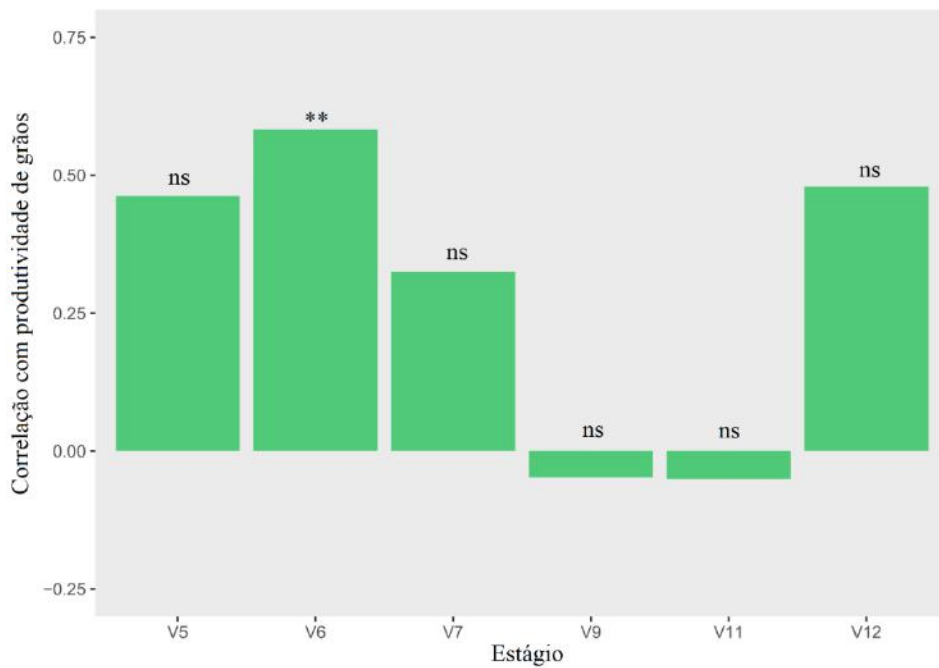


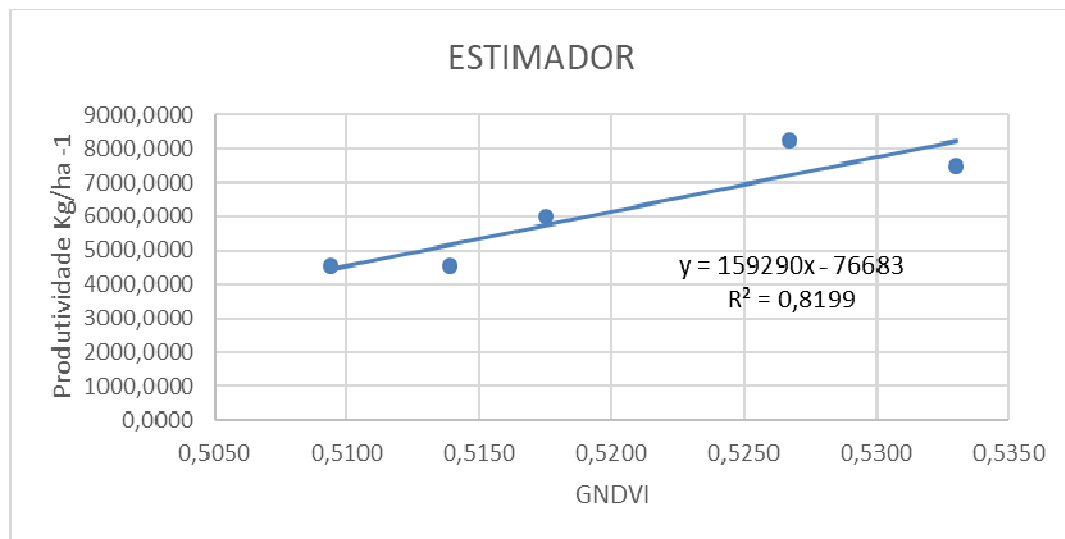
Figura 3 – Correlação da produtividade de grãos de milho, com as leituras de GNDVI, em diferentes estádios fenológicos. Ano agrícola 2017/2018, em Santa Maria, RS. Legenda: ns= não significativo. \*=  $P < 0.05$ , \*\*=  $P < 0.01$ .



Considerando que o GNDVI é calculado similarmente ao NDVI, diferenciando-se apenas pela substituição da faixa do vermelho pela faixa no comprimento de onda verde, admite-se que o índice também mantém estreita relação com a proporção de radiação fotossinteticamente absorvida. Desta forma, o GNDVI pode ser linearmente correlacionado com Índice de Área Foliar (LAI) e com a biomassa, sendo, portanto, mais sensível à detecção das alterações na quantificação da clorofila (GITELSON, 2006).

Já para o estágio V6, o GNDVI da plataforma SARP obteve correlação significativa. Nos estádios fenológicos posteriores, o GNDVI não se correlacionou com a produtividade de grãos, ainda que se atribua a sua utilização em relações estabelecidas a partir da variabilidade de mapas de colheita de milho (SHANAHAN et al., 2001).

Figura 4 – Modelo gerado para estimar a produtividade em V6, a partir do índice GNDVI do sensor embarcado.

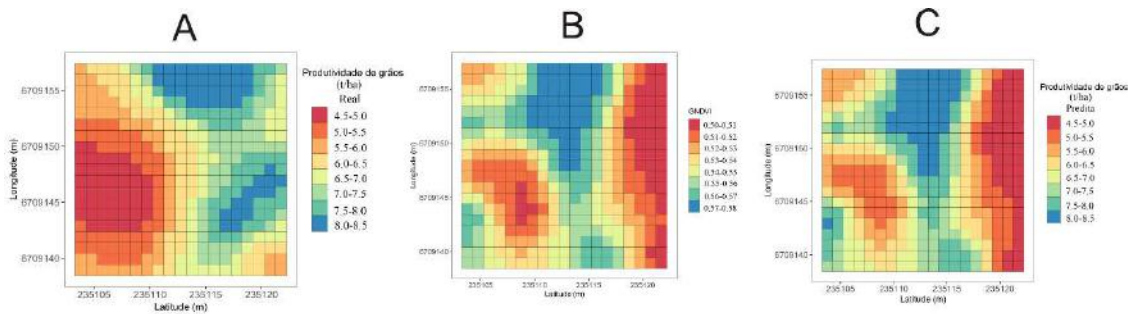


Por meio das informações de correlação entre GNDVI e produtividade foi possível gerar um modelo estimador com as informações de GNDVI no estágio V6, obtendo-se elevado coeficiente de determinação considerado útil, conforme (QUININO e BESSEGATO, 2013). Realizando uma análise subjetiva do coeficiente de determinação, com valor de  $R^2 = 0,4769$ , podemos afirmar que possui uma relação ligeira a substancial, de acordo com proposto por (FERNANDES, 2011).

Na figura 5, pode-se observar a similaridade do mapa temático de GNDVI da plataforma SARP, no estágio V6, com a produtividade de grãos do milho. Uma vez estabelecidas as relações entre IV com a produtividade de grãos, torna-se possível utilizar modelos, com base na caracterização da variabilidade espacial da produtividade de grãos, mesmo em estágios que antecedem à colheita do milho. Essa relação dos IV com a produtividade de grãos assume, portanto, importante papel nas tomadas de decisões que impactam na produtividade, principalmente em zonas que possuam diferentes potenciais produtivos, contribuindo para que os resultados possam ser maximizados (LI et al., 2010; VIAN et al., 2018).

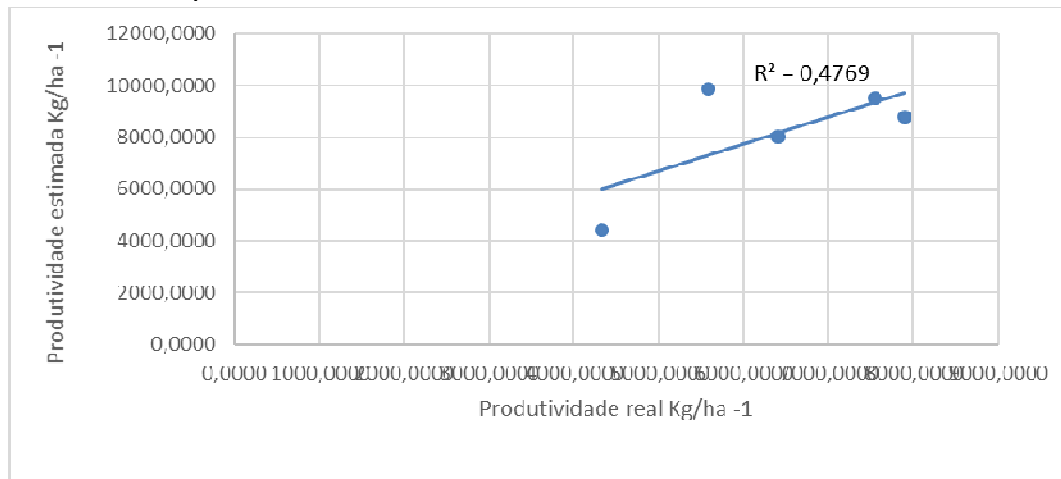
Após a análise dos mapas temáticos, foram realizadas comparações entre a produtividade calculada e a produtividade prevista com o modelo estimador, utilizando os valores médios dos tratamentos e suas repetições (Figura 6). Nesta etapa, foi possível identificar valor elevado do coeficiente de correlação entre estas variáveis.

Figura 5 – Mapa temático de GNDVI da plataforma SARP estágio V12, mapa temático da produção real (A), mapa temático do índice de vegetação (B) e mapa temático da produtividade predita pelo estimador do índice (C) do bloco 5 da área experimental.



A seleção mais apropriada do IV é de suma importância para o desenvolvimento de modelos de predição de variabilidade do potencial e conseqüentemente na produtividade de grãos de milho (PERALTA et al., 2016). Essa variabilidade do potencial produtivo deve ser estimada durante o desenvolvimento vegetativo, para que ocorra direcionamento do manejo, buscando a maximização da produtividade de grãos (Grohs et al., 2009; Vian et al., 2018). Com a possibilidade de utilização dos sensores em SARP, esta tecnologia pode ser adaptada à diversas escalas de cultivo, desde pequeno até grande produtor (Zhang e Kovacs, 2012).

Figura 6 – Comparação entre a produtividade real e a estimada como potencial, em V6, utilizando o modelo estimador, a partir do índice GNDVI do sensor embarcado.



Diante do exposto, temos que, neste cenário da agricultura moderna, que demanda acesso rápido às informações que norteiam tomadas de decisão, aliando-se a utilização de cultivares com maior expectativa de produtividade e tecnologias de detecção das demandas nutricionais das plantas, o GNDVI revelou-se um importante aliado. Esse trabalho verificou a pertinência da viabilidade do uso dos GNDVI na predição da produtividade.

## 4 CONCLUSÕES

No estágio fenológico V6 foi verificada elevado coeficiente de determinação entre GNDVI e a produtividade de grãos.

O estágio mais precoce para a estimativa da produtividade, com as maiores correlações, foi observado em V6, utilizando o índice GNDVI.

A partir do GNDVI no estágio V6 foi possível realizar a predição da produtividade de grãos de milho por meio da utilização do método estimador.

## REFERÊNCIAS

BOLTON, D.K., FRIEDL, M. A. Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. **Agric. For. Meteorol.** 173, 74–84, 2013.

BRASIL. Ministério de Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife**, 1973. 431p.

CARLONE, M.R., & RUSSELL, W.A. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. **Crop Sci.** 27:465–470, 1987.

CASTLEBERRY, R.M., CRUM, C.W. & KRULL, F. Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environments. **Crop Sci.** 24:33–36, 1984.

CIAMPITTI, I.A., and T.J. VYN. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. **Field Crops Res.** 121:2–18, 2011.

ECHARTE, L., S. ROTHSTEIN, & M. TOLLENAAR. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. **Crop Sci.** 48:656–665, 2008.

EMATER/RS. Estimativa da Área de plantio, produção e produtividade. **Acompanhamento da safra de verão 2018/2019**. Gerência de Planejamento Núcleo de Informações e Análises Março de 2019. Disponível em :<  
[http://www.emater.tche.br/site/arquivos\\_pdf/safra/safraTabela\\_27032019.pdf](http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_27032019.pdf)>. Acessado em 23 de maio de 2019.

FOX, R. H., & WALTHALL, C. L. Crop monitoring technologies to assess nitrogen status. In SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Eds.), **Nitrogen in agricultural systems, agronomy monograph 49** (pp. 647e674). Madison, USA: ASA, CSSA, SSSA, 2008

GITELSON, A.; MARZLYAK, M.N. Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation. **Journal of Plant Physiology**, v.143, n.3, 286-292, 1994.



GITELSON, A.A.; KAUFMAN, Y.J.; MARZLYAK, M.N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.58, n.3, p.289-298, 1996.

GITELSON, A.A., KEYDAN, G. P. MERZLYAK M.N. Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves. **Geophysical research letters**, vol 33, 2006.

GITELSON, A. A. et al., Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. **Geophysical Research Letters**, vol 30, 2013.

GROHS, D.S. et al. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor Greenseeker. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.101-112, 2009.

HABOUDANE, D. et al. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v.90, p.337-352, 2004.

HATFIELD, J.L. et al. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. **Agronomy Journal**, 100(Supplement\_3), S-117, 2008.

HUNT, E. R., et al. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 21, 103e112, 2013.

LI, Y.; CHEN, D.; WALKER, C.N.; ANGUS, J.F. Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. **Field Crops Research**, v.118, n.3, p.221-227, 2010.

MICROSOFT OFFICE. **Editor de planilhas Excel**, versão 2013, Sistema Operacional Windows 10.

NGUY-ROBERTSON, A. et al. Green leaf area index estimation in maize and soybean: Combining vegetation indices to achieve maximal sensitivity. **Agronomy Journal**, v.104, p.1336-1347, 2012.

PANNETON, B. & BROUILLARD, M. Colour representation methods form segmentation of vegetation in photographs. **Biosystems Engineering**, v.102, n.4, p.365-378, 2009.

PERALTA, R.N. Mid-season high-resolution satellite imagery for forecasting site-specific corn yield. **Remote Sensing**, v.8, n.10, p.848, 2016.

QUININO, R. C.; REIS, E. A.; BESSEGATO, L. F. Using the coefficient of determination R<sup>2</sup> to test the significance of multiple linear regression. **Teaching Statistics**, v. 35, p. 84-88, 2013.

RAUN, W. et al. Ramp calibration strip technology for determining midseason nitrogen rates in corn and wheat. **Agron. J.** 100, 1088-1093, 2008.

RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; Stone, M.L. Independence of yield potential and crop nitrogen response. **Precision agriculture**, v.12, n.4, p.508-518, 2011.

ROUSE, J.W. **Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation**; Texas A&M University: College Station, TX, USA, pp. 1–137, 1973.

SANGOI, L., et al. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Res.** 79:39–51, 2002.

SANTOS, H.G., et al. **Embrapa: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed, Brasília. 353p., 2013.

SCHWALBERT, R.A., et al. Forecasting maize yield at field scale based on high-resolution satellite imagery. **Biosystems Engineering**, v.171, p.179-192, 2018.

SHANAHAN, J.F. Use of remote-sensing imagery to estimate corn grain yield. **Agronomy Journal**, v.93, p.583-589, 2001.

VIAN, A.L., et al. Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p.91-100, 2018.

ZHAO, D et al... Canopy reflectance in cotton for growth assessment and lint yield prediction. **Eur. J. Agron.** 26, 335– 344, 2007.

ZHANG, C.; Kovacs, J.M. The application of small-unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, v.13, n.6, p.693–712, 2012.

ZHANG, R. Changes of grain yield and nitrogen use efficiency of maize hybrids released in different eras in Shaanxi Province. **Acta Agron. Sin.** 40:915–923, 2014.

ZHOU, X. et al. Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. Volume 130, p. 246-255, 2017.

# REMOÇÃO DE OUTLIERS EM MAPAS DE PRODUTIVIDADE UTILIZANDO MÉTODOS DE FILTROS GLOBAIS

## *Outlier remove in yield maps using global filter methods*

Vinicius dos Santos Carreira<sup>1</sup>, Letícia Bernabé Santos<sup>2</sup>, Edson Massao Tanaka<sup>1</sup>, Danilo Tedesco de Oliveira<sup>2</sup>. Cristiano Zerbato<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC "Shunji Nishimura, 17540-000, Pompéia-SP, Brasil. [vinicius.carreira@fatec.edu.br](mailto:vinicius.carreira@fatec.edu.br)

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista; Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n; CEP 14884-900; Jaboticabal, SP- Brasil, tel (+55) 16 3209-7100, e-mail: [leticiabernabe.s@gmail.com](mailto:leticiabernabe.s@gmail.com)

### RESUMO

A geração de mapas de produtividade no contexto da agricultura de precisão é cercada por métodos de coleta e processamento. Entre eles, a filtragem de dados é realizada de várias formas, utilizando métodos consagrados de outras áreas ou desenvolvendo filtros próprios. Sendo assim, esse trabalho teve por objetivo utilizar filtros encontrados na literatura para a limpeza de dados previamente processados, visando analisar os valores da estatística descritiva buscando grandes diferenças entre as aplicações. Os resultados permitiram visualizar que todos os filtros foram eficazes na redução do coeficiente de variação, no entanto, a quantidade de pontos removidos diferiu-se entre os filtros (entre 1 a 5% do total), logo seus limites também. Conclui-se que, de modo geral, os filtros se comportaram de acordo com o proposto, no entanto, para uma análise mais específica seria necessário usar resultados de interpolação.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão, colheita mecanizada, limpeza de dados

### ABSTRACT

Yield maps in the context of precision agriculture is surrounded by collection and processing methods. These include data filtering in a variety of ways, using proven methods from other areas or developing proprietary filters. Thus, this study aimed to use several filters found in the literature for the cleaning of previously processed data, aiming to analyze the values of descriptive statistics seeking large differences between applications. The results showed that all filters were effective in reducing the coefficient of variation, however the amount of points removed differed between the filters (between 1 and 5% of the total), therefore their limits also. It is concluded that, in general, the filters behaved according to the proposed, however for a more specific analysis it would be necessary to use interpolation results.

**Key words:** Precision agriculture, mechanized harvest, data cleansing

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de Agricultura de Precisão (AP) possui grande abrangência, porém é consenso que a mesma se utiliza do gerenciamento dos fatores de produção agrícola com base na variabilidade espacial.

A variação na produtividade, por exemplo, é influenciada por diversos fatores, como plantio mal realizado, eventos climáticos, aplicação desuniforme de fertilizantes e defensivos (PING &

DOBBERMAN, 2005), bem como problemas relacionados com o próprio mapeamento da produtividade.

Desse modo, os mapas de produtividade no contexto da agricultura de precisão podem permitir o entendimento desse princípio, pois expõe a variabilidade da última etapa da cultura na área de cultivo e atua como um dos fatores para o gerenciamento localizado.

No entanto, o uso dessa técnica é dependente da obtenção de dados consistentes, principalmente devido ao grande volume de dados coletados para o gerenciamento e tomada de decisão, devendo ser utilizado com cuidado (LEROUX et al., 2018). Além disso, essa cautela deve ser maior quando usado sensores para esse processo, pois estão submetidos a erros sistemáticos devido a sua automatização (MALDANER et al., 2018).

Entre os erros identificados nesse conjunto de dados, estão erros grosseiros de posicionamento, valores nulos ou fora da natureza normal da cultura, configurações erradas de monitor e plataforma e valores discrepantes (BLACKMORE & MOORE, 1999; MENEGATTI & MOLIN, 2004).

Existe uma série de métodos para filtragem de dados disponíveis na bibliografia atual, que utilizam desde filtros globais a análises localizadas por meio de anisotropia e isotropia. Porém, não há um consenso na utilização desses filtros e é desconhecida a diferença de valores removidos que eles promovem.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi utilizar diferentes filtros globais para a remoção de valores discrepantes em um conjunto de dados de produtividade e observar a diferença da filtragem promovida.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de produtividade utilizados são provenientes de uma colheita de trigo na localizado no município de Itapeva, SP, localizada nas coordenadas centrais latitude -23,9368659 e longitude -49,0018353.

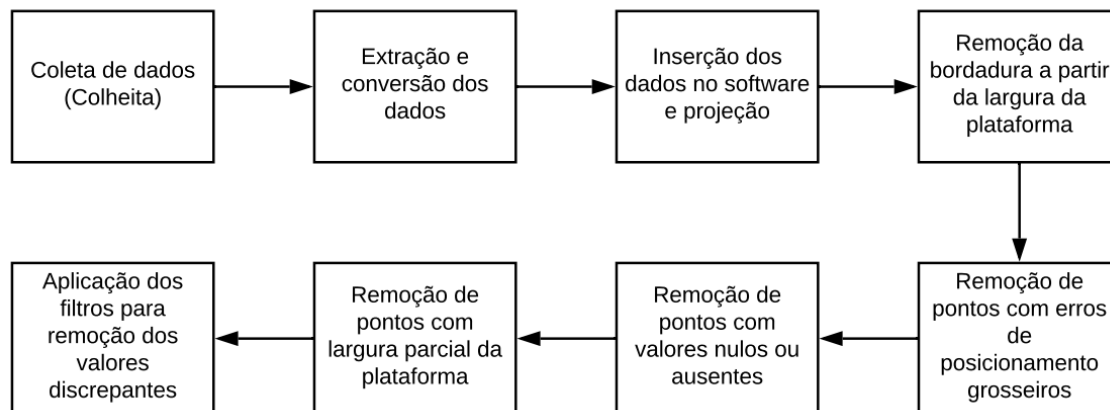
A geração dos dados se fez através do equipamento AgLeader IC-800 (Ames, EUA), que grava os valores após partir a força de impacto do grão em uma célula de carga instalada no elevador de grãos limpos. A máquina utilizada foi uma colhedora tangencial Massey Ferguson (Duluth, EUA), série 38 equipada com plataforma Power Flex de 30 pés (9 metros).

Previamente calibrou-se o sensor de acordo com o requisitado, como exemplo pesando-se o material colhido em um transbordo, inserindo configurações da máquina (altura e largura da plataforma, temperatura, vibração e tempo de retardo), bem como informações do produto a ser colhido (umidade de corte, densidade e o peso da carga).

Os dados foram inseridos no Software de SIG (Sistema de Informações Geográficas) Arc Pro, e projetado a amostra conforme o sistema de referência padrão nacional e zona ocupada, SIRGAS 2000 e Zona 22 Sul, respectivamente.

Antes da aplicação dos diferentes filtros globais, realizou-se uma pré-filtragem removendo pontos com outros tipos de erro frequentemente encontrados na coleta de dados, como largura da plataforma fora do especificado, posicionamento de pontos fora da área trabalhada, valores nulos ou ausentes e também a bordadura - removendo-a por completo considerando três passadas da máquina (27 metros) - visto que essa geralmente é reconhecida pela significativa quantidade de erros (BLACKMORE & MOORE, 1999). Todas as etapas desse processo podem ser visualizadas através do fluxograma na Figura 1:

Figura 1 - Fluxograma das etapas para o processamento de dados



Desse modo, a próxima etapa consistiu na aplicação dos filtros. Foram utilizados quatro filtros, que foram encontrados na bibliografia atual.

O primeiro (Eq. 1) é comumente utilizado em trabalhos (TAYLOR et al. 2007; ZANELLA et al. 2017). O segundo (Eq. 2) é muito semelhante ao primeiro filtro, no entanto seu desvio padrão é aumentado e eventualmente seus limites também (JUERSCHIK & GIEBEL, 1999). Os autores citados consideram esse método eficiente na maioria das situações de campo, pois conseguem detectar valores discrepantes independente do comportamento do conjunto de dados. Nessas equações, valores fora desses limites estabelecidos são candidatos a remoção.

$$\text{Lim} = \bar{x} \pm 2,5 \cdot \text{Desv. P} \quad (1)$$

$$\text{Lim} = \bar{x} \pm 3 \cdot \text{Desv. P} \quad (2)$$

em que:

*Lim*: Limite superior e inferior;  $\bar{x}$ : Média aritmética; *Desv. P*: Desvio Padrão.

Os outros dois filtros globais utilizam-se de outros valores estatísticos que segundo os autores permitem uma abordagem menos influenciada por valores extremos. A Equação 3, dada pelo método IQR (Interquatile Range), foi utilizada por MEGATTI & MOLIN (2004) no desenvolvimento de um algoritmo para filtragem de dados.

$$\text{LS} = \text{QS} + 1,5\text{AI} \quad (3)$$

$$\text{LI} = \text{QI} - 1,5\text{AI}$$

em que:

*LS*: Limite superior; *LI*: Limite inferior; *QS*: Quartil Superior (75%);  
*QI*: Quartil Inferior (25%); *AI*: Amplitude interquartilica.

Enquanto o último (Filtro 4), denominado ZScore, foi encontrado em recentes estudos de análise de outliers em conjunto de dados, porém pouco usual em dados agrícolas. Adaptou-se a classificação de TRIPATHY et. al (2013), devido ao uso de filtro global e não local, de modo que pontos com resultados acima de 3 são removidos.

$$Z = \left| \frac{(X_i - \bar{X})}{Desv.P} \right| \quad (4)$$

em que:

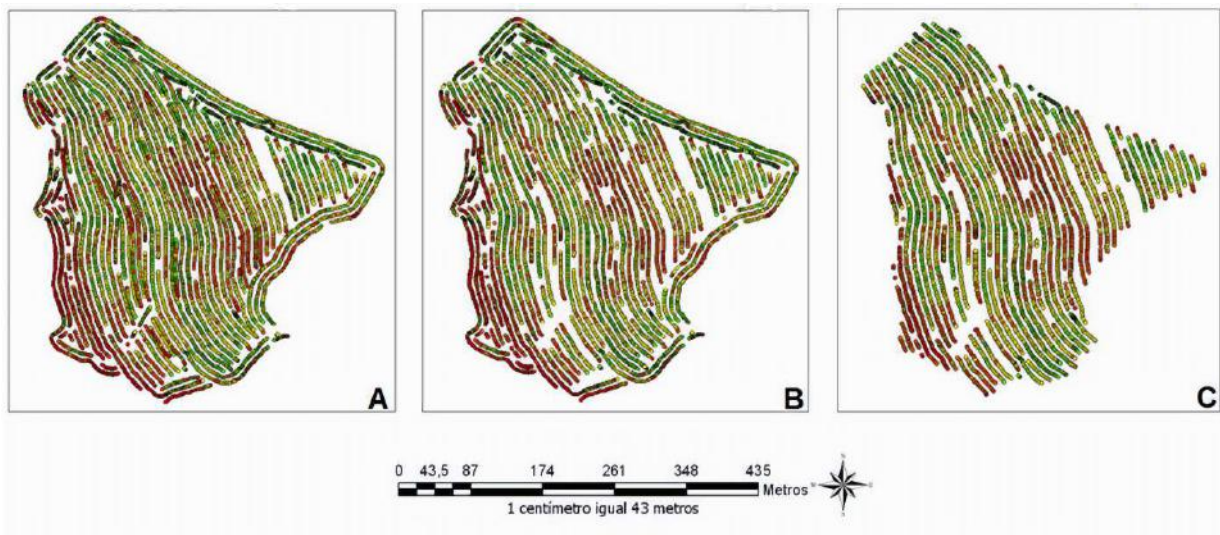
$X_i$ : Valor presente no conjunto de dados;  $\bar{x}$ : Média aritmética;  $Desv.P$ : Desvio Padrão;  
 $Z$ : Zscore.

Após a aplicação dos filtros, realizou-se a estatística descritiva dos novos conjuntos de dados, contabilizando a quantidade de pontos removidos e também a criação de um diagrama de caixa dos mesmos.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

As primeiras etapas de filtragem realizadas com o conjunto de dados brutos foram a remoção de pontos com erros grosseiros de posicionamento, largura da plataforma parcial, valores nulos ou ausentes e a bordadura da área. A eliminação desses erros pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de pontos após as etapas de remoção de erros, sendo os dados brutos (A), remoção de erros de posicionamento, plataforma e valores e após a remoção da bordadura (C)



A contabilização de pontos removidos em cada etapa antes da aplicação dos filtros não foi realizada, visto que o arquivo de partida já estaria pré processado.

Vale salientar que alguns erros não são englobados nessa metodologia aplicada antes dos filtros, como referentes a unidades mínimas ou máximas, declividade do terreno, tempos de enchimento ou ausência de acurácia do próprio sensor. O mesmo acontece com a remoção da bordadura, ainda que a mesma é reconhecida por acumular grandes quantidades de erros, essa situação pode ser variada dependendo de como foi realizada a operação de colheita na área.

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos nos diferentes filtros utilizados, indicando a quantidade de pontos removidos e a estatística do conjunto de dados (em t/ha) após a aplicação dos métodos.

Os dados do conjunto bruto foram expostos, porém aplicou-se os filtros a partir dos dados pré processados. O número de pontos removidos variou entre 1 a 5% do total, nota-se que os valores máximos se mantiveram iguais em três dos quatros filtros utilizados.

Houve redução do coeficiente de variação para todas aplicações, demonstrando que, de modo geral, todos foram eficazes na remoção de valores discrepantes. O Filtro 2 e 4 obtiveram dados semelhantes em todos os aspectos, enquanto o Filtro 1 (devido aos seus limites menores) removeu mais pontos que os demais.

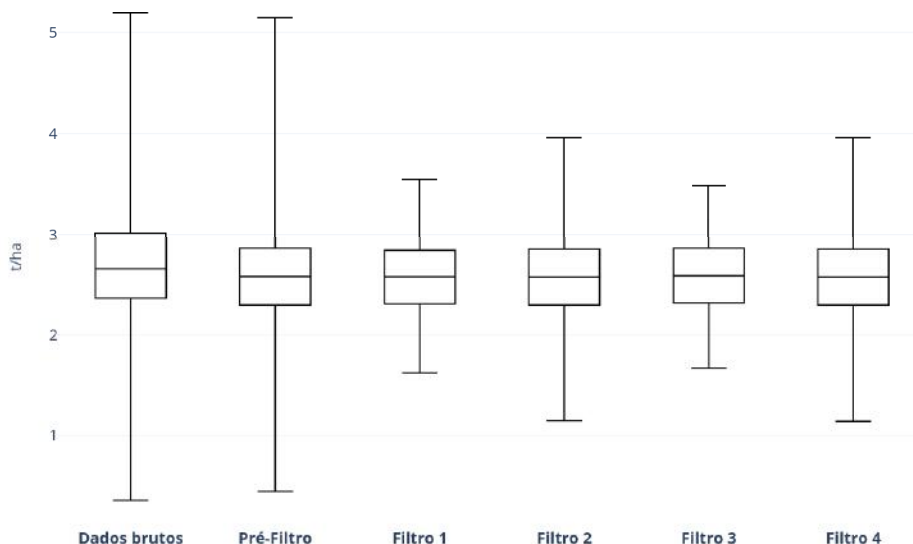
Tabela 1 - Resumo dos dados estatísticos e número de pontos eliminados após a filtragem do conjunto de dados de produtividade

	Bruto (t/ha)	Pré-filtro (t/ha)	Filtros globais			
			Filtro 1 (t/ha)	Filtro 2 (t/ha)	Filtro 3 (t/ha)	Filtro 4 (t/ha)
Nº	7516	4698	4499	4644	4540	4645
Removidos	-	-	199	54	158	53
Mínimo	0,35	0,44	1,61	1,14	1,66	1,90
Máximo	5,19	5,14	3,54	3,95	3,95	3,24
Média	2,58	2,58	2,57	2,57	2,59	2,57
Mediana	2,58	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Variância	0,66	0,48	0,39	0,44	0,41	0,44
Desv.P	0,44	0,23	0,15	0,19	0,17	0,19
CV (%)	25,68	18,67	15,29	17,25	16,03	17,27

Também foi construído um diagrama de caixa (Figura 3), para representar os limites de cada conjunto de dados. Esse tipo de ferramenta também pode ser usado para visualizar possíveis outliers, porém como o cálculo IQR (realizado no Filtro 4) já está presente nas aplicações, optou-se por manter apenas a representação do máximo, mínimo e quartis.

Mesmo que nessa síntese o comportamento dos filtros se manteve semelhante em termos de redução da variação, existem algumas observações, pois nesse conjunto de dados realizou-se uma pré-filtragem, resultando na remoção de 48% dos dados brutos, ou seja, iniciando a etapa de normalização dos dados. Essa análise se limitou a aplicação durante parte da análise exploratória, no entanto, desconhece o comportamento caso partisse já dos dados brutos coletados.

Figura 3 - Diagrama de caixa para os limites de cada conjunto de dados (t/ha)



Embora essas técnicas de remoção de valores se apresentem eficazes, a avaliação dessas aplicações deve ser realizada durante a interpolação, observando erros encontrados provenientes da má distribuição dos dados (BENTO e SANTOS, 2018).

#### 4. CONCLUSÕES

Os filtros utilizados nesse trabalho foram eficazes na detecção e remoção de outliers, diminuindo coeficiente de variação e variância, de modo que o Filtro 1 obteve maior redução dos mesmos. No entanto, como esse conjunto de dados sofrerá interpolação, deve ser utilizada uma análise local para observar a discrepância do valor em relação a pontos próximos ao redor.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTO, G.M., SANTOS, R.T., Avaliação dos métodos de remoção de outliers e seus impactos na precisão dos métodos de interpolação. 1º Simpósio de Mato-Grossense de Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão, Sinop-MT, **Anais....**2018.

BLACKMORE, S. Remedial correction of yield map data. **Precision agriculture**, v. 1, n. 1, p. 53-66, 1999.

BREVIK, E.C.; FENTON, T.E.; LAZARI, A. Soil electrical conductivity as a function of soil water content and implications for soil mapping. **Precision Agriculture**, v. 7, n. 6, p. 393-404, 2006.



JÜRSCHIK, P.; GIEBEL, A.; WENDROTH, O. Processing of point data from combine harvesters for precision farming. **Precision agriculture**, v. 99, p. 297-307, 1999.

MALDANER, L.F., CORRÊDO, L. P., TAVARES, T. R., MENDEZ, L. G., DUARTE, C., MOLIN, J. P. Identifying and filtering out outliers in spatial datasets. In: **Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture**. Montreal, QC, Canada. 2018. p. 24-27.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 126-134, 2004.

PING, J. L.; DOBERMANN, A. Processing of yield map data. **Precision Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 193-212, 2005.

SWARUPATRIPATHY, S.; SAXENA, R.K.; GUPTA, P.K. Comparison of statistical methods for outlier detection in proficiency testing data on analysis of lead in aqueous solution. **American Journal of Theoretical and Applied Statistics**, v. 2, n. 6, p. 233-242, 2013.

TAYLOR, J. A.; MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M. Establishing management classes for broadacre agricultural production. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 5, p. 1366-1376, 2007.

ZANELLA, M. A., PORTES, M. F., MARTINS, R. N., QUEIROZ, D. M. Utilização do software livre qgis para obtenção de mapas de produtividade e geração de zonas de manejo. XXI **Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, 2017.

## CORRELAÇÃO DE ÍNDICE DE CLOROFILA FALKER E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE MILHO

### *Falker chlorophyll index correlation and corn photosynthetic pigments*

Ezequiel Zibetti Fornari<sup>1</sup>, Lucas Gaviraghi<sup>1</sup>, Fernanda Marcolan de Souza<sup>1</sup>, Taiana Cezar Milani<sup>1</sup>, Antônio Luís Santi<sup>1</sup>, Claudir José Basso<sup>1</sup> Luis Felipe Gerlach<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, R. Sete de Setembro, s/n, 98400-000, Frederico Westphalen- RS, Brasil, [ezequiel.fornari@yahoo.com](mailto:ezequiel.fornari@yahoo.com), [lucasgaviraghi@hotmail.com](mailto:lucasgaviraghi@hotmail.com), [taiana\\_milani@hotmail.com](mailto:taiana_milani@hotmail.com), [santi\\_pratica@yahoo.com](mailto:santi_pratica@yahoo.com), [claudirbasso@gmail.com](mailto:claudirbasso@gmail.com), [lfelipeross@hotmail.com](mailto:lfelipeross@hotmail.com)

### RESUMO

Altos teores de N no tecido foliar podem influenciar o teor de clorofilas consideravelmente, o que é esclarecido pela existência de entorno 60% do N presente nas folhas. Vem sendo empregada na Agricultura de Precisão (AP) a clorofilometria à campo, afim de diagnosticar as condições das lavouras de forma precisa e eficaz. O Falker ClorofiLOG® 1030 é um clorofilômetro que vem sendo bastante difundido entre os pesquisadores. Portanto, este trabalho teve como objetivo correlacionar o índice de clorofila Falker (ICF) e os teores de pigmentos fotossintetizantes extraídos em laboratório, na cultura do milho. Quando a cultura do milho situava-se em R4, aos 110 dias após a semeadura realizou-se a determinação à campo de clorofila *a* (CAC), clorofila *b* (CBC) e clorofila total (CTC), e coletado material, para extração de clorofila *a*, *b* e totais (CAD, CBD e CTD). O ICF é eficiente na estimação de clorofilas de plantas de milho, podendo substituir o método de laboratório, aumentando a praticidade e diminuindo custo e tempo pra adquirir os resultados.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Clorofilog. Sensor.

### ABSTRACT

High levels of N in leaf tissue can influence chlorophyll content considerably, which is clarified by the existence of 60% of the N present in the leaves. Precision Farming (PA) has been used in field chlorophyllmetry to diagnose crop conditions. Falker ClorofiLOG® 1030 is a chlorophyll meter that has been widespread among researchers. Therefore, this work aimed to correlate the Falker chlorophyll index (ICF) and the levels of photosynthetic pigments extracted in the laboratory in corn crop. When the corn crop was in R4, at 110 days after sowing, chlorophyll *a* (CAC), chlorophyll *b* (CBC) and total chlorophyll (CTC) were determined, and material was collected for extraction. chlorophyll *a*, *b* and total (CAD, CBD and CTD). The ICF is efficient in the estimation of chlorophylls of corn plants, being able to replace the method of in laboratory, increasing the practicality and reducing cost and time to acquire the results.

**Keywords:** Precision Farming. Clorofilog. Sensors.

### 1 INTRODUÇÃO

A planta de milho ("*Zea mays*. L)" pode ter a produtividade influenciada por diversos fatores como clima, relevo, solo, manejo e fertilidade Amado et al (2002). Dentre os principais elementos que compõem a fertilidade do solo, destaca-se nitrogênio (N) fósforo (P) e potássio (K), os quais são demandados em maior quantidade pela cultura do milho, sendo o N aquele extraído em maior

quantidade Silva et al (2005).

Segundo Hurtado et al. (2011), alto teor de N no tecido foliar pode influenciar no teor de clorofila, pois entorno 60% do N presente nas folhas, está relacionado à enzimas ligadas aos cloroplastos (Latsague et al., 2014; Sanchez et al, 2018). Em geral as clorofilas são pigmentos fotossintéticos capazes de absorver a luz, transmitir energia e serem responsáveis também pela etapa fotoquímica da fotossíntese e que tem como resultado final a energia química armazenada na forma de açúcar Solovchenko et al (2019).

Vem sendo empregada na Agricultura de Precisão (AP) a clorofilometria à campo, afim de diagnosticar as condições das lavouras, referente ao suprimento de N às plantas. O clorofilômetro mais difundido é o SPAD (Soil Plant Analysis Development, Konica Minolta, Japão) (MARKWELL, OSTERMAN, MITCHELL, 1995), no entanto, o Falker ClorofilLOG® 1030 é um clorofilômetro que vem sendo bastante difundido entre os pesquisadores, no qual a medição é efetuada de forma ótica, onde são emitidos três comprimentos de onda ( $\lambda$ ), 635 e 660 nm (vermelho) e 880 nm (infravermelho) para indicar o índice de clorofila de Falker (ICF) e determinar a presença de clorofila dos tipos *a* e *b* FALKER (2008).

Para Barbieri Junior et al (2012) ao estudarem a forragem tifton 85 (*Cynodon spp.*), o ClorofilLOG apresentou-se um instrumento sensível as variações espaciais e temporais dos teores relativos de clorofilas *a*, *b* e total. Os índices indiretos de clorofila e conteúdo de clorofila têm alta correlação quanto a concentração de nitrogênio em plantas de trigo Schlichting et al (2015). Para a cultura do milho Argenta et al (2001) concluíram que a clorofilometria a campo estima com boa precisão o teor de clorofila na folha de milho, sendo utilizando como clorofilometro portátil da marca Minolta (modelo SPAD-502) para este estudo.

Portanto, este trabalho teve como objetivo correlacionar o índice de clorofila Falker (ICF) e os teores de pigmentos fotossintetizantes extraídos em laboratório, na cultura do milho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen/RS, no ano agrícola 2017/2018. O Município está localizado na região do Médio Alto Uruguai, com coordenadas de 27°23'51" de Latitude Sul e 53°35'19" de Longitude Oeste, e altitude de 490 m em relação ao nível médio do mar. Quanto a Classificação climática de Köppen da região é Cfa (Alvares et al., 2013), de clima subtropical úmido, com precipitação média de 1881 mm e temperatura em média de 19,1°C. A área experimental apresenta solo profundo, bem drenado e de textura argilosa; classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013), com as seguintes características de fertilidade: teor de argila: 64%; pH (H<sub>2</sub>O): 5,9; P: 3,2 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich<sup>-1</sup>); K: 214,5 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 6,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 3,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e 3,1% de matéria orgânica.

No dia 17/10/2017 realizou-se a semeadura da cultura do milho, sob resíduos culturais de azévem (*Lolium multiflorum*), utilizando o híbrido DEKALB 290 vt pro 3 de ciclo precoce, onde as sementes foram dispostas manualmente ao solo com espaçamento de 30 cm, objetivando-se o bom estande e a população final de 74000 plantas ha<sup>-1</sup>.

No momento da semeadura, realizou-se a correção e manutenção dos teores de fósforo no solo, utilizando como fonte o superfosfato triplo (48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Logo após a semeadura, aplicou-se a lanço a correção de potássio, na forma de cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O).A adubação nitrogenada foi efetuada na base, e em cobertura duas aplicações nos estádios fenológico V4 e V8. Adotou-se

como fornecimento padrão 180 kg de N ha<sup>-1</sup>, para uma expectativa de rendimento de grãos de 11000 kg ha<sup>-1</sup>, segundo o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2016).

Quando a cultura se apresentava no estágio fenológico R4, aos 110 dias após a semeadura realizou-se a determinação à campo de clorofila *a* (CAC), clorofila *b* (CBC) e clorofila total (CTC) com o auxílio do clorofilômetro portátil CLOROFILOG<sup>®</sup>, sendo os dados expressos num índice adimensional ICF (índice clorofila Falker). As determinações a campo foram realizadas em 120 plantas no centro da unidade experimental, sendo realizada uma determinação em cada porção do limbo foliar (inferior, central e superior) na primeira folha oposta abaixo da inserção espiga, conforme ressalta Hurtado et al (2011).

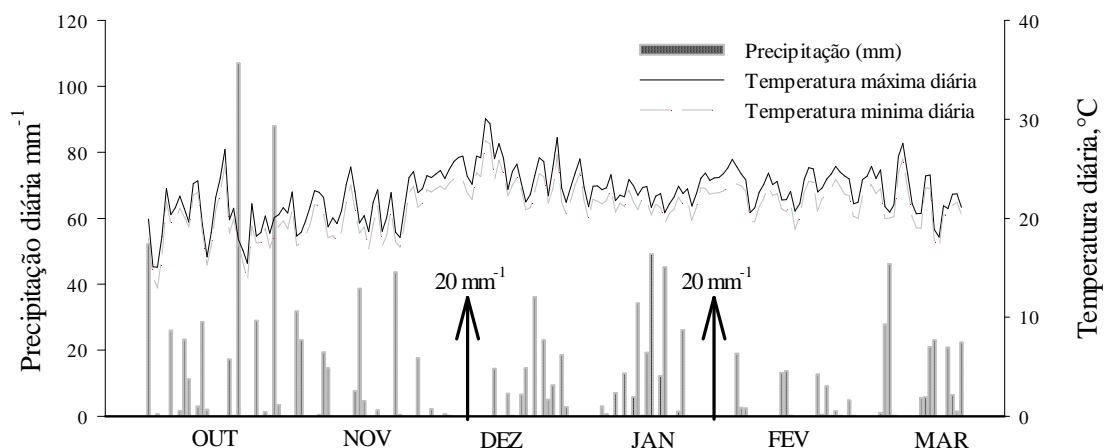
Na mesma ocasião, foram retirados cinco discos foliares com 5mm de diâmetro da mesma folha, para extração de clorofila *a*, *b* e totais (CAD, CBD e CTD). Em seguida, os discos foram submersos em 5 ml da solução saturada com carbonato de cálcio (DMSO), por 48 horas, seguindo a metodologia proposta por Santos et al. (2008). Após o período de incubação, em laboratório determinou-se a absorvância das amostras com o auxílio de uma cubeta de quartzo com 10 mm de caminho óptico num espectrofotômetro de duplo. Os respectivos comprimentos de onda para o cálculo das concentrações de clorofilas *a*, *b* e foram 645, 665 e nm, respectivamente, baseado pelo método proposto por Wellburn, A.R (1994).

Os resultados foram submetidos à análise por uma matriz linear de correlação de Pearson. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico Genes. Cruz (2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento da cultura, entre os meses de outubro a março, ocorreu uma pluviosidade acumulada de 1217,4 mm, porém, devido a irregularidade da precipitação ocorrida durante estes meses, necessitou-se fazer uso da irrigação artificial através de aspersores, os quais distribuíram 20 mm sobre a cultura em 2 diferentes momentos, como representado na Figura 1.

Figura 1. Temperaturas máxima e mínima diárias, precipitação diária e momentos de irrigação durante a condução do experimento. Os dados foram obtidos de estação meteorológica automática em Frederico Westphalen, RS, Brasil.



Assim, os resultados obtidos neste trabalho e aqui apresentados não sofreram interferência por déficit hídrico. As temperaturas registradas no decorrer do trabalho apresentaram-se constantes, alcançando um valor máximo de 30,07°C, favorecendo assim o desenvolvimento da cultura, e um valor mínimo de 12,94°C ocorrido durante o período inicial, conforme pode ser observado no gráfico.

Os teores clorofilas expressos pelos diferentes métodos; extração em laboratório e determinação a campo (ClorofilOG) possuem alta correlação, demonstrando que a determinação a campo mais rápida e barata é uma alternativa para estudar teores de clorofilas e substituir o método de extração mais demorado e que necessita de maior infraestrutura.

Tabela 1. Matriz de correlação Linear de Pearson entre diferentes métodos de estimativa das clorofilas. Frederico Westphalen- RS, 2017.

	CAD	CBD	CTD	CAC	CBC	CTC
CAD	1					
CBD	0.91*	1				
CTD	0.99**	0.93*	1			
CAC	0.94**	0.87*	0.94**	1		
CBC	0.95**	0.88*	0.92**	0.99**	1	
CTC	0.93**	0.86*	0.95**	0.99**	0.99**	1

ns; \*\*, \* Não significativo, significativo em  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente, pelo Teste T. Clorofila *a b* total (CAC, CBC e CTC) estimada a campo com o auxílio do clorofilômetro portátil; e clorofila *a*, *b* e total (CAD, CBD e CTD) determinada em laboratório, respectivamente.

Este comportamento semelhante entre as variáveis analisadas pode ser justificado pelos altos níveis de significância dos coeficientes de correlação entre as variáveis, afirmando as observações de Sanchez et al, (2018) que relatam alta correlação entre clorofila *a*, *b*, total e carotenoides sob diferentes doses de nitrogênio, Fósforo e Potássio.

Os altos níveis de significância dos coeficientes de correlação entre as clorofilas extraídas em laboratório e as determinadas a campo, afirmam que o clorofilômetro portátil CLOROFILOG<sup>®</sup>, pode substituir o método destrutivo DMSO para determinar clorofila e servir de ferramenta para estudar clorofilas, de maneira mais rápida, com menor custo e sem causar danos a planta, resultado este que coincide com os estudos de Schlichting et al, (2015): ao estudar a eficiência de medidores de clorofila portáteis em plantas de trigo e com Barbieri Junior et al, (2012) que estudaram o clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85.

Argenta et al, (2001) observaram ao estudar plantas de milho que o teor de clorofila apresenta alta correlação com o rendimento de grãos de milho, porém isto é evidenciado em estágios mais avançados, momento em que o potencial produtivo da planta já foi definido e não pode ser tomado nenhum manejo nitrogenado. Contudo esta informação pode ser utilizada para basear modelos de crescimento e de estimativa de produção para planejamento de colheita e identificação de áreas que necessitam de algum manejo diferenciado em cultivos futuros, manejados com agricultura de precisão.

#### 4. CONCLUSÃO

O índice de clorofila Falker é eficiente na verificação e no estudo de clorofilas de plantas de milho, podendo substituir o método de extração em laboratório, aumentando a praticidade e diminuindo custo e tempo pra adquirir os resultados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G. et al;. **Relação da leitura do clorofilometro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.13, n.2, p.158-167, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-31312001000200005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-31312001000200005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 28 ago. 2019.

ALVARES, C.A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728.

AMADO, T.J.C; MIELNICZUK, J; AITA, C. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura no solo, sob sistema de plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.241-248, 2002. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n1/25.pdf>>. Acesso em 17 jan. 2019.

BARBIERI, E.J. et al. **Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85.** *Ciência Rural* [online]. 2012, v.42, n.12, pp.2242-2245. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000109>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

CRUZ, C. D. **GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics.** Acta Scientiarum Agronomy, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 412p, 2013.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030).** Porto Alegre: Falker, 2008. 33.

HURTADO, S.M.C. et al. **Nitrogen top dressing for high yield corn based on the chlorophyll meter readings.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.41, n.6, p.1011-1017, jun, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141370542010000300023](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542010000300023)>.

LATSAGUE, M.; SAEZ, P.; MORA, M.; **Effect of the fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, on the foliar content of carbohydrates, proteins and photosynthetic pigments in plants of *Berberidopsis corallina* Hook.f.** *Gayana Botanica*, v.71, ed1 p, 37-42, 2014. Disponível em:<

[https://www.researchgate.net/publication/293251150\\_Effect\\_of\\_the\\_fertilization\\_with\\_nitrogen\\_phosphorus\\_and\\_potassium\\_on\\_the\\_foliar\\_content\\_of\\_carbohydrates\\_proteins\\_and\\_photosynthetic\\_pigments\\_in\\_plants\\_of\\_Berberidopsis\\_corallina\\_Hookf](https://www.researchgate.net/publication/293251150_Effect_of_the_fertilization_with_nitrogen_phosphorus_and_potassium_on_the_foliar_content_of_carbohydrates_proteins_and_photosynthetic_pigments_in_plants_of_Berberidopsis_corallina_Hookf)> Acesso em: 28 ago. 2019.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J. .; MITCHELL, J.L.; **Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter**. Photosynthesis Research, v.46, n.3, p.467-472, 1995. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/b3q41327j2387225/>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

SÁNCHEZ, E. et al. **¿Son Los Pigmentos Fotosintéticos Buenos Indicadores De La Relación Del Nitrógeno, Fósforo Y Potasio En Frijol Ejotero?** Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, V.5, n.15, 2018. Disponível em <<http://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/1757/1069>> Acesso em: 28 ago. 2019.

SCHLICHTING, A.F. et al. **Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.19, n.12, p.1148–1151, 2015 Disponível em: < [10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1148-1151](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1148-1151)> Acesso em: 18 jan. 2019

SILVA, E. C. et al. **Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho**. Revista. Brasileira de. Ciência do. Solo [online]. 2005, v.29, n.3, pp.353-362. ISSN 1806-9657. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300005>. Acesso em: 28 ago. 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Núcleo regional Sul- Comissão de Química e Fertilidade do Solo- RS/SC, 376p, 2016.

SOLOVCHENKO, A. et al. **11 Pigments**: Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables. 2019, Pages 225-252 Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00011-7>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

WELLBURN, A.R.; **The Spectral Determination of Chlorophylls a And b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different**. Journal of Plant Physiology, v.144: p.307-313. 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)> Acesso em: 28 ago. 2019.

**ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE SISTEMAS MECANIZADOS EM  
AGRICULTURA DE PRECISÃO**



## USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM DADOS DE TELEMETRIA EM COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR

### *Use of Statistical Process Control in telemetry data in sugarcane harvester*

Alex Rangel Gonzaga<sup>1</sup>, Caio Donadon<sup>1</sup>, Leticia Barnabé dos Santos<sup>1</sup>, Danilo Tedesco de Oliveira<sup>1</sup>,  
Eduardo Prisco Angelo<sup>2</sup>, Rouverson Pereira da Silva<sup>1</sup>, Murilo Aparecido Voltarelli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, S/N - Vila Industrial,  
SP, 14884-900, Jaboticabal – SP, Brasil, [alexgonzaga.agr@gmail.com](mailto:alexgonzaga.agr@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos - Campus Buri, Rodovia Lauro Simões de Barros km 12 - SP 189 -  
Aracaçu, Buri/SP, Brasil, 18290-000

### RESUMO

A evolução da tecnologia tem elevado a quantidade de dados disponíveis para as tomadas decisões nas operações agrícolas. Porém, a transformação dessa grande quantidade de dados em informações úteis à gestão, é um grande limitante para o aumento da qualidade produtiva. Diante disso, objetivou-se neste trabalho verificar o uso das ferramentas do Controle Estatístico de Processos (CEP) no monitoramento do consumo de combustível ( $L h^{-1}$ ) em uma colhedora de cana-de-açúcar, ao longo de sua operação. . O trabalho foi realizado em área agrícola produtora em José Bonifácio – SP, Brasil. Os dados foram sintetizados utilizando cartas de controle de subgrupos. Na análise de detecção de padrões (agrupamento, mistura, tendência e oscilação) houve agrupamento e tendência. Pelas cartas de controle o processo avaliado apresentou-se fora de controle. A utilização das ferramentas do Controle Estatístico de Processos nos dados de telemetria da operação de colheita mecanizada de cana de açúcar, permite aos gestores analisar e identificar rapidamente pontos a serem melhorados, elevando a qualidade desta operação agrícola.

**Palavras-chave:** Qualidade de Leitura. Telemetria. Colheita

### ABSTRACT

The evolution of technology has increased the amount of data available for decision making in agricultural operations. However, the processing of this large amount of data into useful information for management is a major limiting factor to increase production quality. This work aims to verify the use of Statistical Process Control (CEP) tools to monitor fuel consumption ( $L h^{-1}$ ) in a sugarcane harvester, seeking to synthesize data from telemetry in simple, clear and objective information using subgroup control charts. In the pattern detection analysis (grouping, mixing, trend and oscillation) there was grouping and trend. By the control charts the evaluated process was out of control. The use of Statistical Process Control tools in the telemetry data of the sugarcane mechanized harvesting operation allows managers to quickly analyze and identify points for improvement, increasing the quality of this agricultural operation.

**Key-words:** Reading quality. Telemetry. Harvest

## 1. INTRODUÇÃO

Na cultura da cana-de-açúcar, a operação de colheita mecanizada tem grande peso no custo total final de produção (Oliveira et al., 2012), tornando de suma importância o monitoramento

nesta operação.

A realização de operações agrícolas fora dos padrões estabelecidos pode influenciar a qualidade da operação, comprometendo a sua estabilidade (Barros & Milan, 2010). Para alcançar maior qualidade na colheita é necessário que os fatores determinados de 6 M's (mão de obra, matéria-prima, métodos, medição, máquinas, meio ambiente), fatores os quais formam o processo, interajam e colaborem entre si (Alves & Samohyl, 2005). Qualidade é a produção de serviços ou produtos a custos compatíveis com a atividade, com obtenção de lucros ao produtor e que atendam às necessidades dos consumidores. Na agricultura, qualidade é a realização das operações agrícolas ou na obtenção de produtos, dentro das especificações ou padrões agrônômicos recomendados (Fernandes et al., 2000).

Neste aspecto, o Controle Estatístico de Processos (CEP), tem como objetivo detectar rapidamente alterações dos parâmetros de determinados processos para que os problemas sejam corrigidos antes da produção de itens não-conformes (Mignoti & Fidelis, 2001). conjunto de ferramentas estatísticas que auxiliam no controle de qualidade, pode ser utilizado para estabilizar e aumentar a qualidade da operação, mediante a redução da sua variabilidade (Montgomery, 2000). Assim, a utilização do CEP visa controlar e manter a variação do processo dentro de limites aceitáveis para aquelas condições (Silva et al., 2015), podendo-se utilizar para este controle as cartas de controle (Montgomery, 2000).

Ademais, a adoção de práticas da Agricultura de Precisão, como a elaboração de mapas de produtividade, fornecem parâmetros importantes no processo de tomada de decisão para os agricultores (Blackmore, 2000). O mapeamento das lavouras para a caracterização de sua variabilidade é um indicador importante pois, representa graficamente a resposta daquele ponto as condições de manejo, ambiente e métodos empregados (Moore, 1998).

Diante do cenário da Agricultura Digital e da Big Data, em que se tem cada vez mais dados provenientes das operações agrícolas, é estratégico interpretar as informações que esses dados fornecem. A partir disto, objetivou-se com este trabalho verificar o uso das ferramentas do Controle Estatístico de Processos no monitoramento do consumo de combustível ( $L h^{-1}$ ) de uma colhedora de cana-de-açúcar ao longo de sua operação reunindo dados de Telemetria.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área agrícola localizada no município de José Bonifácio – SP, sob as coordenadas 21°12'43" S e 49°56'12" O. A altitude média da área experimental é de 370 m e a declividade do terreno é de 2,6%. A colhedora de cana-de-açúcar apresenta ano de fabricação de 2016, com potência nominal de 261 kW (350 hp). Durante a operação e coleta de dados, a rotação de trabalho situou-se em 1850 rpm. Foi instalado o software específico do sistema de telemetria da empresa, que monitora as máquinas agrícolas à distância e transmite os dados automaticamente via sinal GPRS. O período de análise da colhedora foi de 18/06/2017 a 24/06/2017, sendo a máquina monitorada 24 horas por dia.

A cada dez segundos ocorre a coleta de dado da informação pelo sistema de telemetria, essa informação é enviada para o sistema on-line que recebe os dados que são enviados via sinal GPRS, podendo ser visualizado utilizando o site ou o aplicativo disponível para acompanhamento. Os dados ficam armazenados em nuvem privada, servidor da empresa, por período indeterminado.

No portal da empresa que dispõe dessa tecnologia são disponibilizadas dezenas de variáveis de informações da máquina, como: Nome da máquina; Data; Hora; Latitude; Longitude; Carga do Motor; Nível de Combustível; Pressão do Óleo do motor (kPa); Temperatura do líquido do motor (°C); Consumo de combustível (L h<sup>-1</sup>); Rotação do motor (rpm); Horas do motor (h); Temperatura do óleo hidráulico (°C); Velocidade da máquina (km h<sup>-1</sup>); Horas de colheita (h); Intensidade do sinal GSM (%); Rotação do extrator primário (rpm); Pressão do cortador de base (kPa); Altura do corte de base (mm); Horas de elevador (h); entre outras variáveis.

Dentre todas as variáveis disponíveis, foi utilizado para esse estudo a variável consumo de combustível (L h<sup>-1</sup>) por ser uma das variáveis que mais influenciam no custo da colheita.

Os indicadores de qualidade foram analisados por meio do Controle Estatístico de Processos, utilizando as cartas de controle de subgrupos, por permitirem o monitorando do comportamento dos dados ao longo do tempo.

As cartas de controles de subgrupos são compostas pela média aritmética da amostra e pelos limites de controle superior (LSC) e inferior (LIC), obtidos pela média e desvio-padrão dos valores analisados por parâmetro, sendo LIC = média - 3 vezes o desvio padrão e LSC = média + 3 vezes o desvio padrão (Toledo et al., 2008).

Para este trabalho, foi realizado a amostra de subgrupo, que representa 360 pontos. Esta quantidade de pontos corresponde a uma hora de operação. Inicialmente, os dados foram analisados por meio da estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e curtose) para permitir a visualização geral do comportamento dos dados (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). A averiguação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Ryan-Joiner.

As análises descritivas são técnicas gráficas ou procedimentos numéricos utilizados para organizar, interpretar, analisar, resumir, descrever os aspectos importantes de um conjunto de fatores ou característica observada na amostra, como também, conhecer a dispersão dos dados (Reis & Reis, 2002; Fisher & Marshall, 2009; Pérez-Vicente & Expósito Ruiz, 2009).

Para a elaboração do mapa de consumo horário de combustível (L h<sup>-1</sup>), foi utilizado o programa QGIS<sup>®</sup>. As informações de latitude e longitude foram transformadas em coordenadas WGS 84 e posteriormente transformadas em coordenadas UTM.

O mapa de variabilidade espacial foi elaborado com o uso do software QGIS<sup>®</sup>, no qual foi possível a criação do mapa por meio do banco de dados coletados à campo, e realizado a interpolação (Equação 1), utilizando o Inverso da Distância ao Quadrado (IDW), dado por:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

Em que:

Z: valor estimado para um dado ponto;

n: número de pontos amostrais na vizinhança usados na estimativa;

Z<sub>i</sub>: valor observado no ponto amostral;

d<sub>i</sub>: distância entre o ponto amostral e o ponto estimado (Z<sub>i</sub> e Z);

p: ponderador (potência).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores para a estatística descritiva da variável estudada.

Tabela 1. Estatística descritiva para consumo de combustível (L h<sup>-1</sup>)

Variável	M	Med	A	$\sigma$	CV	Cs	Ck	RJ
Consumo de combustível (L h <sup>-1</sup> )	55,74	62,05	62,85	11,54	20,71	-2,00	3,48	0,82 <sup>A</sup>

M:média; Med: Mediana; A: amplitude;  $\sigma$ :desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Cs: Coeficiente de assimetria; Ck: Coeficiente de curtose; RJ: teste de normalidade de Ryan-Joiner; A: distribuição não-normal

Percebe-se pelos valores que a média de consumo para a operação de colheita se deu ao redor de 55,74 L h<sup>-1</sup>, valor próximo ao encontrado por Lyra (2012) 55,8 L h<sup>-1</sup> e menor que o encontrado por Belardo (2010), 63,04 L h<sup>-1</sup>.

Embora o coeficiente de variação (CV) apresentou valor alto, valores de CV de até 30% são bons indicativos na coleta de dados em trabalhos de campo (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002). Variáveis como: carga do motor, relevo, velocidade, entre outros, influencia no consumo de combustível (L h<sup>-1</sup>), gerando maior variabilidade na aquisição dos dados, podendo vir a aumentar o coeficiente de variação.

Na Tabela 2, é possível observar padrões de agrupamento e tendência. O agrupamento é representado por grupos de pontos em determinadas áreas do gráfico, acima ou abaixo da mediana; tendência representa uma sequência de sucessivos aumentos ou diminuições nas observações detectadas quando o número de observações úteis for sucessivo ou for superior a sete.

Como a variável analisada é sensível a fatores externos, esses padrões são fáceis de acontecer, haja visto que qualquer mudança no comportamento da máquina irá demandar maior necessidade de combustível para sua manutenção durante a operação agrícola.

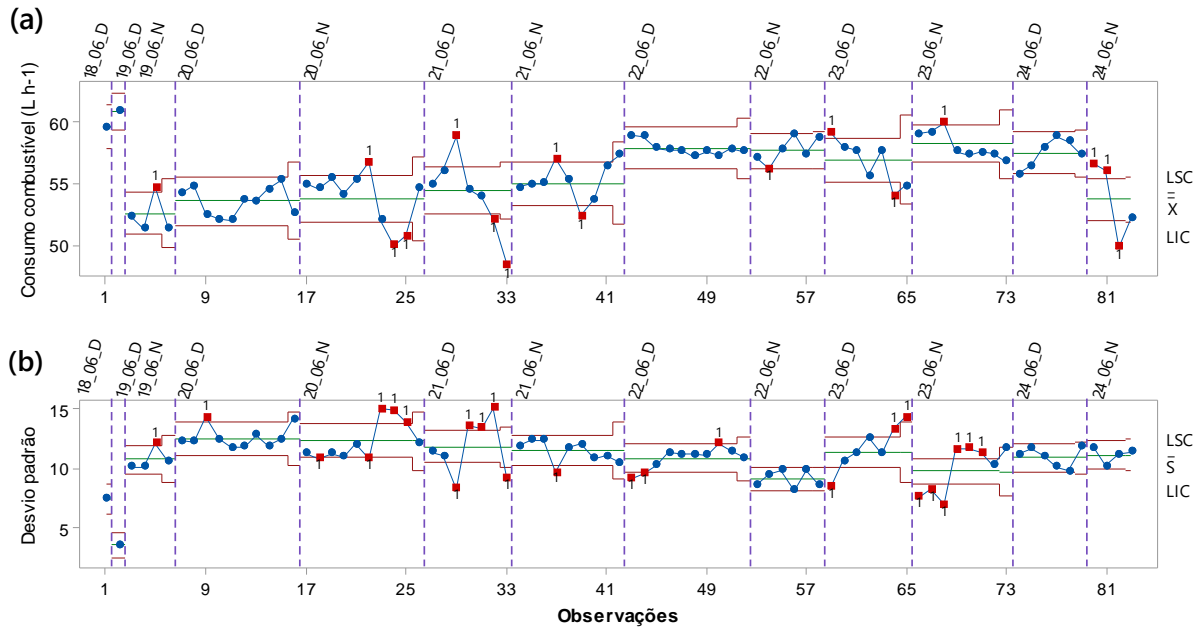
Tabela 2. Valores padrões de probabilidade de gráficos sequenciais para a variável consumo de combustível (L h<sup>-1</sup>)

Indicadores	Agrupamento	Mistura	Tendência	Oscilação
Consumo de combustível (L h <sup>-1</sup> )	0,000 <sup>*</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>*</sup>	0,986 <sup>ns</sup>

\*valores padrões de não aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a  $p < 0,05$ ; <sup>ns</sup> valores padrões de aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a  $p > 0,05$

A variável consumo de combustível apresentou instabilidade, estando fora de controle, devido a pontos fora dos limites de controle (Figura 1a e 1b). No entanto, 80,72% dos pontos estão entre os limites e metade dos pontos fora do limite apresentam-se abaixo do limite inferior, indicando um consumo abaixo dos limites.

Figura 1. Cartas de controle para consumo de combustível ( $L h^{-1}$ ). (a) Carta de controle por subgrupo; (b) Desvio-padrão dos subgrupos.

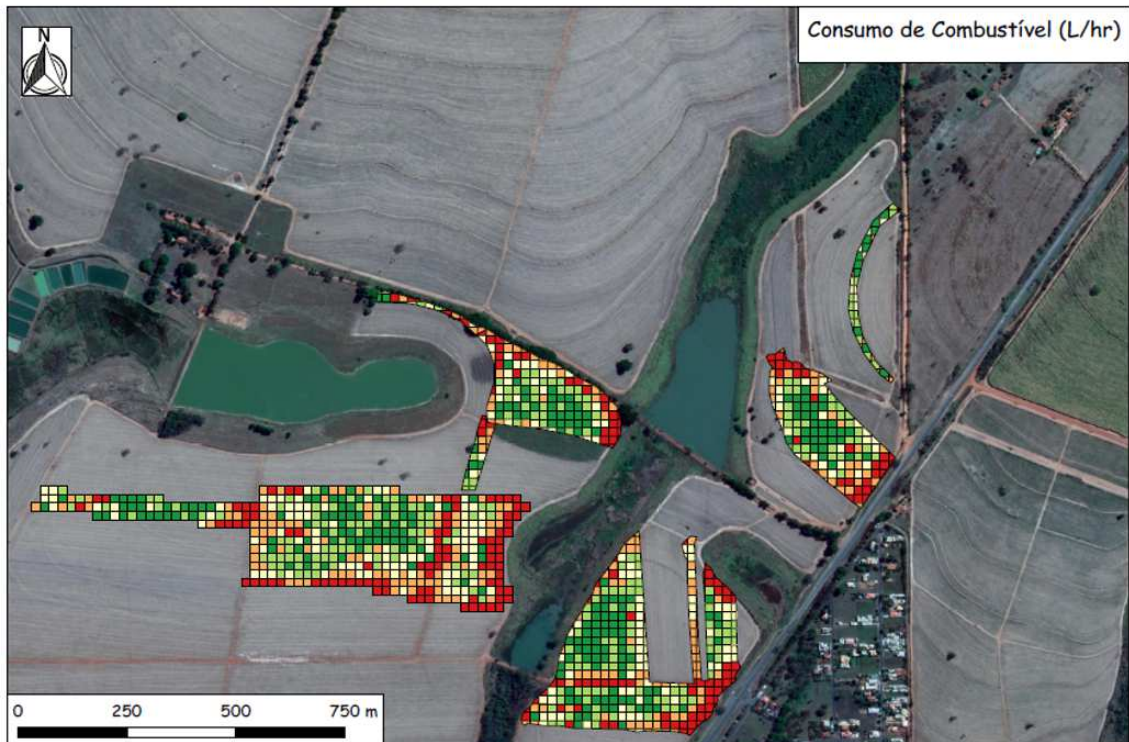


LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle;  $\bar{x}$ : média geral dos subgrupos;  $\bar{s}$ : média geral dos desvios-padrão.

Pontos fora de controle para o consumo de combustível podem ser explicados pelos 6 M's, já citado anteriormente, pois como a operação não foi acompanhada *in loco* durante todo o período e somente analisado os dados do sistema de telemetria, qualquer tentativa de responsabilizar uma causa é inválida analisando os fatos separadamente. Para isso foi feito o processamento dos dados em imagem para verificar a qualidade da operação agrícola. A média de consumo para o período em estudo foi de  $55,74 L h^{-1}$  sendo similar os valores encontrados por Ramos et al.,(2016), obtiveram valores entre  $53,0$  a  $66,5 L h^{-1}$  a uma velocidade de  $4,0 Km h^{-1}$ .

É possível observar as alterações de cores no interior do talhão (Figura 2), indicando que houve nesses pontos maior consumo de combustível, e menor consumo em áreas onde os pontos estão em verde. Pontos vermelhos, indicam que o consumo de combustível foi maior. Essas oscilações no consumo ocorrem em virtude do porte do canavial, teor de massa vegetal, falha, entre outros. Uma cana tombada com maior produtividade carece de maior demanda energética, aumentando a carga do motor devido a injeção de combustível, aumentando o consumo de combustível. Tais fatores facilitam a existência de pontos fora do controle.

Figura 2. Processamento da imagem com os pontos para a análise consumo de combustível ( $L h^{-1}$ ).



#### 4. CONCLUSÕES

O uso do Controle Estatístico de Processo é uma ferramenta capaz de ser utilizada para sintetizar dados providos de Telemetria, auxiliando no monitoramento da qualidade de operação e na tomada de decisão.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, C. C.; SAMOHYL, R. W. O monitoramento de processos industriais via gráficos de controle CUSUM. **Revista UNIVILLE**, v.10, n.2, p. 72-80, 2005.

BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 1, 221–229. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100028>.

BELARDO, G. C. **Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar sem queima**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2010. 136p. Dissertação Mestrado. <http://dx.doi.org/10.11606/d.11.2010.tde-26112010-144709>

BLACKMORE, S. The interpretation of trends from multiple yield maps. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 26, n. 200, 37–51, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00075-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00075-7).

FERNANDES, R. A. T.; MILAN, M.; PECHE FILHO, A. Gerenciamento da qualidade em operações mecanizadas de um sistema de produção de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.3, p.215-20, 2000.

FISHER, M. J.; MARSHALL, A. P. Understanding descriptive statistics. **Australian Critical Care**, v. 22, n. 2, p.93–97, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2008.11.003>

LYRA, G. A. de. **Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação do motor**. Botucatu: FCA/UNESP, 2012. 53p. Masters' Dissertation

MIGNOTI, S. A.; FIDELIS, M. T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. **Revista Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p.55-70, 2001.

MINITAB 18. **Suporte ao Minitab 18**: Distribuição normal. 2017.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 2000, 677p.

MOORE, M. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management**. Cranfield: Cranfield University, 1998. PhD Thesis.

MOLIN, J. P., AMARAL, L. R., COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v.1. 2015, 238p.

OLIVEIRA, T. B. A. et al.. Tecnologia e custos de produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. **Latin American Journal of Business Management**, v. 3, n. 1, p. 150–172, 2012.

PÉREZ-VICENTE, S.; EXPÓSITO RUIZ, M. Descriptive statistics. **Allergologia et Immunopathologia**, v. 37, n. 6, 314–320, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2009.10.005>

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ. 2002, 309p.

RAMOS, C. R. G.; LANÇAS, K. P.; LYRA, G. A. de; MILLANI, T. M. Qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar em função da velocidade de deslocamento e rotação do motor da colhedora. **Energia Na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 87, 2014. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2014v29n2p87-94>

REIS, E. A.; REIS, I. A. **Análise Descritiva de Dados**. Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas: Belo Horizonte, 64 p. 2002.

SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M. T. **Controle de Qualidade em Operações Agrícolas Mecanizadas**. 1.ed. Jaboticabal: SBEA, 244 p., 2015.

## ABORDAGEM ERGONÔMICA NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NA OPERAÇÃO DE PREPARO DO SOLO

### *Ergonomic approach in precision agriculture in soil preparation operation*

Gessieli Possebom<sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>2</sup>, Tiago Gonçalves Lopes<sup>3</sup>, Luana Freitas Knierim<sup>4</sup>, Rômulo Bock<sup>5</sup>, Mayara Torres Mendonça<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [gessielip@hotmail.com](mailto:gessielip@hotmail.com); [airtonalonco@gmail.com](mailto:airtonalonco@gmail.com); [tiagglopes@yahoo.com](mailto:tiagglopes@yahoo.com); [luanaknierim@gmail.com](mailto:luanaknierim@gmail.com); [romulobock1994@gmail.com](mailto:romulobock1994@gmail.com); [mayaratorres@id.uff.br](mailto:mayaratorres@id.uff.br)

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma abordagem ergonômica e de condições ambientais na agricultura de precisão, durante a atividade de preparo do solo. A coleta de dados ocorreu em agosto de 2017, em Boa Vista do Incra – RS, utilizando um conjunto trator-subsolador. Para a análise postural foi realizada a filmagem da operação, posteriormente seccionado o vídeo em imagens sequenciais e analisado segundo os métodos RULA e REBA. Ainda, determinou-se o nível de ruído (NR 15), temperatura (NRs 15 e 17) e força de acionamento dos comandos (ISO 15077). Através das análises foi possível observar que em aproximadamente 96% do tempo total de operação, o operador manteve uma postura considerada aceitável, entretanto, no restante do tempo (4%), o tronco permaneceu em rotação, contribuindo para elevar os riscos de desconforto ou lesões. A temperatura e os níveis de ruído apresentaram-se condizentes com os valores de referência, assim como a maioria das forças de acionamentos dos comandos (exceção da tomada de potência (TDP) e do freio de mão). Dessa forma, as condições ergonômicas apresentaram-se de modo geral, satisfatórias, porém é importante manter uma verificação.

**Palavras-chave:** Ergonomia. Análise postural. Métodos ergonômicos.

### ABSTRACT

The present study aimed to carry out an ergonomic approach and environmental conditions in precision agriculture during the soil preparation activity. Data collection took place in August 2017, in Boa Vista do Incra - RS, using a tractor-subsoiler assembly. For postural analysis, the operation was filmed, then the video was sectioned into sequential images and analyzed according to RULA and REBA methods. Also, the noise level (NR 15), temperature (NRs 15 and 17) and command drive force (ISO 15077) were determined. Through the analysis it was observed that in approximately 96% of the total operation time, the operator maintained a considered acceptable posture, however, in the remaining time (4%), the trunk remained in rotation, contributing to increase the risks of discomfort or injuries. The temperature and noise levels were consistent with the reference values, as well as the majority of the actuating forces of the commands (except for the PTO and the parking brake). Thus, ergonomic conditions were generally satisfactory, but it is important to keep a check.

**Keywords:** Ergonomics. Postural analysis. Ergonomic Methods.



## 1 INTRODUÇÃO

A inserção de máquinas em substituição ao trabalho braçal está se tornando uma necessidade cada vez maior devido ao aumento na demanda de produção de alimentos e madeira no mundo. Tratores e demais máquinas agrícolas são adquiridos e exercem a maior parte das funções no ramo agropecuário, como preparo de solo, tratamentos culturais, colheita e transporte de produtos (MARCON, 2013).

Esses cenários sempre que inovados são construídos para o máximo de segurança, porém ainda podem ocorrer acidentes. Em média, são gastos anualmente R\$ 1,1 bilhão em benefícios pagos pelo INSS devido ao expressivo número de ocorrências (INSS, 2017). Um dos fatores que merece destaque em acidentes é a falta de exigência por parte dos usuários na inserção de requisitos de segurança nas máquinas agrícolas, pois nem sempre quem as adquire é quem as opera (ALONÇO, 2004).

Entretanto, segundo Fernandes et. al. (2014), apenas 9% dos acidentes com tratores agrícolas estão relacionadas a falhas mecânicas e 91% são devidos a erros do operador. Os principais fatores presentes nas atividades do trabalhador que potencializam a ocorrência desses erros e desencadeiam as lesões ou sensações de desconforto, segundo Ergoweb, (2005) são posturas inadequadas, necessidade de aplicação de força, velocidade e aceleração do movimento, duração, tempo de recuperação, esforço dinâmico pesado e vibração localizada,

Estas condições associadas às características ambientais como calor, frio, iluminação e ruído e ainda fatores adicionais como desatenção, estresse, demanda cognitiva, organização do trabalho e carga de trabalho potencializam as ocorrências das lesões por esforço repetitivo (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) (BARTHE et al., 2007; MARQUES; HALLAL; GONÇALVES, 2010; de ALVARENGA, 2017).

Ademais, especificamente os tratoristas, possuem dificuldade em manter uma postura estável e ereta, devido à estrutura da máquina agrícola e da necessidade, em muitos casos, do controle simultâneo da direção (para frente) e do trabalho que está sendo executado (na parte traseira) (IIDA, 2016). Em estudos desenvolvidos por Pauluk; Michaloski (2016) e Pott et. al. (2018), a operação de preparo do solo apresentou-se como desgastante devido a necessidade constante de mudança de posição para verificação do implemento, o que pode contribuir para o aparecimento de dores e desconforto.

A principal atividade dos operadores dessas máquinas é realizada no posto de condução na cabine e, por isso, a importância da aplicação de critérios ergonômicos que permitam estabelecer a correta adaptação dos componentes do sistema homem-máquina (BAUMHARDT, 2012). Para tanto, é preciso levar em consideração as características dos operadores e do trabalho realizado, para que possa ser obtida a maior eficiência produtiva, bem como o maior grau de conforto e segurança na tarefa, proporcionando melhores condições de trabalho.

Neste sentido, uma das etapas da análise ergonômica do posto de trabalho se refere a avaliar esses fatores de risco, potencialmente danosos à saúde e, portanto, sujeito a expor o organismo a lesões, visando contribuir para a melhoria das condições de trabalho humano. Além disso, fornece uma base para novos projetos de máquinas e equipamentos mais adequados aos trabalhadores visando a preservação e integridade física, mental e social do ser humano, além de propor recomendações, mecanismos e ferramentas capazes de melhorar as condições de trabalho dos trabalhadores (BRITO, 2007).

Assim, perante o exposto, esse trabalho teve por objetivo realizar uma abordagem

ergonômica e de condições ambientais na agricultura de precisão, durante a atividade de preparo do solo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

O estudo foi realizado através de uma pesquisa exploratória na fazenda Santa Helena, localizada a 28° 76' S e 53°49' W, no município de Boa Vista do Incra – RS. A coleta de dados ocorreu em agosto de 2017, durante a realização da operação de preparo do solo. Foi escolhida esta tarefa pois a mesma é um trabalho exigente e desgastante, em termos de postura para o operador de trator agrícola na lavoura. Os trabalhos de preparo do solo foram executados com o uso de um trator agrícola *Massey Ferguson 7180*<sup>1</sup> o qual foi acoplado um subsolador *GTS*<sup>1</sup>.

A etapa inicial deste estudo engloba a realização da análise da tarefa, em que foram coletadas informações para a compreensão da organização do trabalho, descritas na Tabela 2.

Tabela 1 – Diagnóstico da organização do trabalho.

Fator	Descrição/Execução
Sistema de produção	Sistema intensivo
Turno de trabalho	Matutino/Vespertino
Jornada de trabalho	(Segunda à Sexta)
Ritmo de trabalho	Manhã: 8:00 h / 12:00 h – Tarde: 13:00 / 18:00 h (variável)
Horas extras	Eventualmente
Prazos	Dependente da necessidade da operação / janela de trabalho

Fonte: Autores.

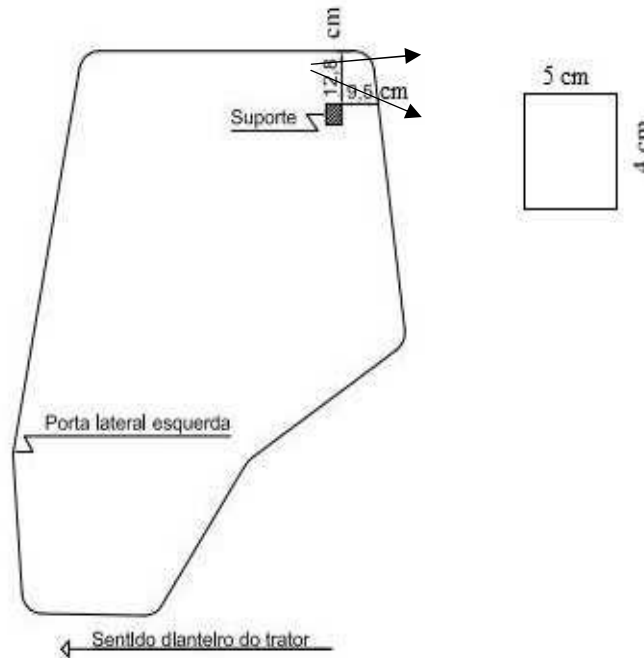
A fazenda trabalha no sistema de produção intensivo, ou seja, são aplicadas técnicas de gestão e planejamento estratégico visando o melhor preparo do solo, tratos culturais e colheita, sempre buscando eficiência e excelência na produtividade. O turno de trabalho contempla a manhã e tarde, em ritmo contínuo, não ocorrendo substituição de funcionários. Durante a jornada de trabalho são realizadas algumas paradas operacionais ou quando demandado pelo operador.

### 2.2 ANÁLISE POSTURAL

Para as análises posturais, foi realizada a filmagem da operação, através de uma câmera *GoPro Hero 3* fixada na parte interna da cabina do trator, posicionada de forma a abranger os membros superiores e inferiores do operador (Figura 1). Assim, inicialmente foi filmada a operação durante cindo horas e trinta minutos consecutivas (13 horas – 18:30 horas). No dia seguinte, seguiu-se com a filmagem por mais quatro horas e trinta minutos de trabalho (8 horas – 12:30 horas). O total de dez horas foi considerado satisfatório por apresentar-se muito a cima do tempo de 30 segundos recomendado para análises posturais de atividades não cíclicas (GUIMARÃES; PORTICH, 2002; STRIEBEL, 2003; SILVA, 2011).

<sup>1</sup> A citação de marcas e modelos comerciais não implica nenhuma forma de aprovação ou recomendação por parte da autora.

Figura 1 – Disposição da câmera para filmagem do operador durante a operação de preparo do solo.



Fonte: Autores.

Para o processamento dos dados, foi analisado o tempo total de filmagens, selecionada uma hora (julgada representativa) e com o auxílio do Software *Free Studio*, transformado em imagens sequenciais a cada três segundos, totalizando, portanto, mil e duzentas imagens. Desde total, selecionou-se cem imagens sequencias representativas da operação, que foram então utilizadas para a análise postural.

Em cada imagem, foi realizada a medição dos ângulos dos membros superiores e inferiores, através do Software Online *Ruler*, e posteriormente analisado segundo os métodos RULA e REBA, com o auxílio do Software *Ergolandia 5.0*. O método RULA foi utilizado a partir da angulação dos membros superiores (braços, antebraços e punhos) e inferiores (pescoço, tronco, pernas e pé), em situação de trabalho, de forma que fossem atribuídas pontuações, compreendidas entre: 0 pontos, que representa a postura com menor risco de lesão e 4 pontos, que representa a postura com maior risco de lesão para o segmento postural avaliado.

O método REBA foi utilizado de forma semelhante ao RULA, a partir da angulação dos membros superiores e inferiores, em situação de trabalho, além de considerar aspectos relacionados a atividade desenvolvida. A pontuação atribuída compreende: 0 pontos para postura de menor risco e 4 pontos para postura de maior risco. Para a interpretação dos resultados foi utilizada a tabela de pontuação e determinação de intervenção, Tabela 1.

Tabela 2 – Pontuação geral para determinação do nível de intervenção ergonômica.

Nível	Pontuação	Nível de intervenção
<b>Método RULA</b>		
1	1 ou 2	Postura aceitável, desde que não mantida por longos períodos
2	3 ou 4	Postura aceitável, mas investigar, alterações poderão ser necessárias
3	5 ou 6	Investigar postura, introduzir alterações
4	7	Investigar postura, alterar de forma urgente
<b>Método REBA</b>		
0	1	Nenhuma necessária
1	2 a 3	Postura aceitável, mas ação pode ser necessária
2	4 a 7	Necessária
3	8 a 10	Necessária brevemente
4	≥ 11	Necessária de imediato

Fonte: Adaptado de Ergolândia 5.0 (2014).

### 2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

As análises ambientais consistiram em:

a) Nível de Ruído:

A medição do nível do ruído no posto de operação seguiu as orientações recomendadas pela NBR 9999 (1987), de forma a posicionar o decibelímetro próximo ao ouvido esquerdo e direito do operador, estando o equipamento configurado com o circuito de ponderação "A", expressos em dB e resposta lenta ("slow"). Foram coletadas quatro repetições da medição, sendo posteriormente determinada a média entre os dados e comparados segundo a NR 15.

b) Temperatura:

A aferição acerca da temperatura foi realizada com a utilização de um termômetro digital da marca Wibget, modelo RSS-241. O índice de temperatura foi mensurado posicionando o termômetro ao lado do posto de operação, semelhante ao realizado para obter os valores de ruído. A resposta, em °C, foi obtida através da média entre quatro repetições. Posteriormente os valores foram comparados segundo a NR 15 e NR 17.

c) Forças necessárias para o acionamento dos comandos:

A determinação da força de acionamento dos comandos ocorreu com o auxílio de um dinamômetro digital portátil, com capacidade de até 20 kg (modelo DD – 200), sendo o resultado obtido através da média de quatro repetições. A força foi mensurada na posição exata em que o comando estava situado, na postura corporal exigida e com o tipo de deslocamento a ser efetuado, a fim de simular uma situação real. Os valores obtidos foram comparados com a norma ISO 15077 (2008), além do recomendado por Grandjean (1998).

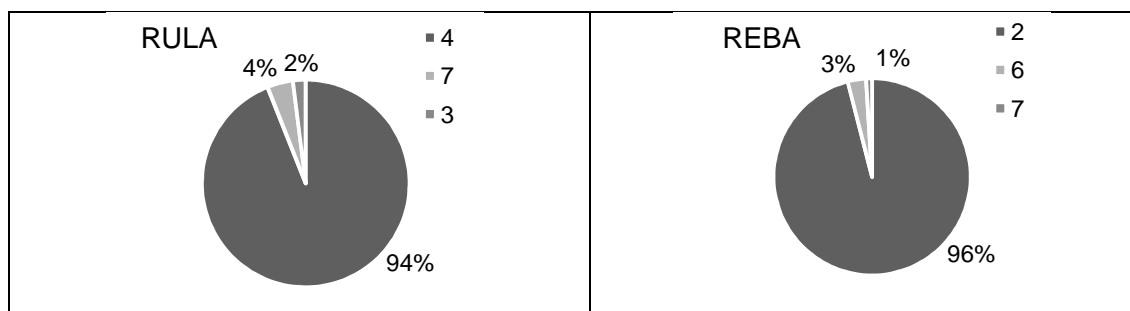
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISE POSTURAL

Na Figura 2 é apresentado os resultados das análises obtidas pelos métodos RULA e REBA, com a respectiva pontuação final e o nível de ação necessária.

Segundo os métodos RULA e REBA, foi possível identificar duas situações distintas. A primeira evidenciada em 96% do tempo total de operação, onde o operador manteve uma postura considerada aceitável, mas ainda sendo necessária atentar para possíveis modificações. E a segunda condição, observada no restante do tempo de operação (4%) onde a postura não foi satisfatória, portanto, com risco ergonômico e necessidade de investigações e modificações imediatamente, especialmente se a postura for mantida por longos períodos.

Figura 2 – Níveis de ação em relação as 100 posturas analisadas, através dos métodos RULA e REBA.



Legenda: RULA: 3 e 4= postura aceitável, mas investigar, alterações poderão ser necessárias; 7= investigar postura, alterar de forma urgente; REBA: 2= postura aceitável, mas ação pode ser necessária; 6 e 7= ações são necessárias.

Fonte: Autores.

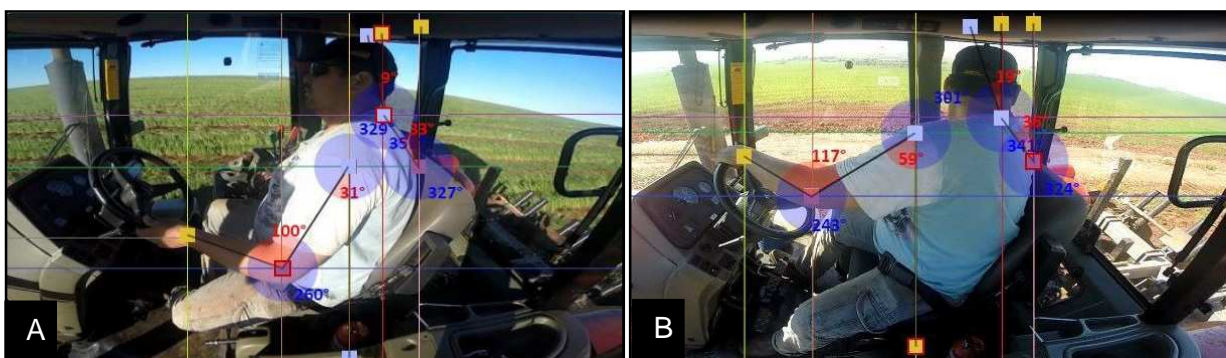
Na Figura 3A é possível observar a representação da situação um (postura aceitável). Nessa, o operador permanece voltado para frente, com o tronco quase que ereto. A mão esquerda constantemente sobre o volante, com o braço semi-esticado, mas sem apoio para o antebraço, enquanto que o braço direito permanece apoiado sobre o encosto do assento e com a mão constantemente controlando o acelerador.

Entretanto, por se tratar de uma tarefa de subsolagem, onde envolve não somente uma máquina agrícola, como também um implemento acoplado no engate dos três pontos do sistema hidráulico, requer do operador atenção também a essa direção, exigindo uma rotação do tronco, fator crucial para resultar na segunda situação evidenciada (representação na Figura 3B). Apesar dessa postura representar uma porcentagem baixa em relação ao total, ao realizar essa condição, o operador desvia da linha neutra do corpo, agravando o risco de lesão.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pauluk, Michaloski (2016) também em condições de preparo do solo. Além disso, para estes mesmos autores, algumas posições necessárias para o desenvolvimento do trabalho seriam dispensáveis se houvessem alguma adequação ao posto de trabalho, como a instalação de algum dispositivo que dispensasse a

torção do pescoço. Ainda, segundo Pott et. al. (2018) o operador agrícola no preparo do solo tende a virar para trás buscando visualizar o implemento, porém o número de viradas e o tempo em que permanece nessa posição tendem a diminuir ao longo da atividade devido à fadiga ocasionada pelo trabalho, podendo comprometer a eficiência do trabalho final.

Figura 3 – Representação das posturas predominantemente empregadas pelo operador durante a operação de preparo do solo.



Fonte: Autores.

Durante a operação de máquinas agrícolas, o operador permanece a maior parte do tempo sentado, mudando de posição apenas em eventuais paradas necessárias. Na postura sentada, o peso corpóreo é transferido para o assento (MARQUES; HALLAL; GONÇALVES, 2010). Essa postura requisita atividade dos músculos dorsal e ventral (IIDA, 2016). Embora a postura sentada seja considerada menos danosa que a postura em pé, Dul e Weerdmeester (2004) recomendam evitar longos períodos sentados, intercalando as tarefas que permitam a postura em pé, estática ou dinâmica. A postura sentada pode ainda, ocasionar diversos tipos de danos à saúde do trabalhador, sobretudo, o sistema músculo - esquelético e o subsistema neural, que é formado pelas estruturas do sistema nervosa (MARQUES; HALLAL; GONÇALVES, 2010).

Durante toda a operação, foi observado que apesar do operador permanecer constantemente o braço esquerdo sobre o volante, não havia apoio para o antebraço, visto que o encosto do assento permanecia elevado. Segundo de Guimarães (2011) o conforto proporcionado aos trabalhadores é fundamental para a execução de uma atividade de forma eficaz. Quando o organismo está desenvolvendo uma atividade fora da zona de conforto, o trabalhador pode sentir-se desconfortável, perdendo a motivação para o trabalho. A velocidade de reação para o desenvolvimento das tarefas diminui, ocorre também perda de precisão, perda de continuidade e diminuição da vigilância, o que torna o ambiente impróprio para o trabalho mental e, ainda, aumenta a incidência de acidentes (ALVES, 2002).

Segundo estudo ergonômico de Narimoto (2012) em trabalhadores de colhedoras, os operadores têm seus movimentos restritos, de forma que não conseguem realizar o alongamento dos membros e tronco, permanecendo na postura sentada por um tempo prolongado. Na operação de máquinas agrícolas, a rotação do tronco pode provocar dor e desconforto, especialmente na região da coluna vertebral e, por isso, a adoção de postura adequada ao sentar é muito importante, o que demanda manter um bom ângulo entre o tronco e as coxas, que deve ser, necessariamente, maior que 90° e menor que 110° (de GUIMARÃES, 2011). Assim, na

escolha do maquinário, torna-se imprescindível a ponderação de aspectos ergonômicos e de segurança, pois a capacidade operacional do trabalho depende das condições em que ele é realizado (de FONTANA et. al.,2004).

Entretanto, não há uma postura ideal. A manutenção de forma prolongada de qualquer postura tende a ser causa de desconforto ou danos aos segmentos corporais envolvidos, sendo por isso recomendado que, sempre que possível, haja orientação para variabilidade, para concepção de postos e estações de trabalho em que se permitam mudanças de postura (FILHO, 2006).

Segundo Rozin (2010), a melhoria dos conhecimentos em ergonomia produziu novos conceitos de máquinas, fazendo com que os fabricantes passassem a oferecer modelos de tratores agrícolas com uma melhor localização dos comandos de operação e instrumentos de controle. Projetos inadequados de máquinas, assentos ou bancadas de trabalho podem obrigar o trabalhador a usar posturas inadequadas e se estas forem mantidas por um longo tempo, podem provocar fortes dores no conjunto de músculos solicitados em sua conservação (IIDA, 2016). Entretanto, se as posturas forem identificadas precocemente e as máquinas projetadas, visando maior conforto e segurança, possivelmente menores serão os índices de desconforto e dor nos operadores.

A análise ergonômica é de fundamental importância para a agricultura de precisão, uma vez que um operador satisfeito, opera melhor e exerce influência direta na produtividade. O conforto e segurança são imprescindíveis para o desenvolvimento adequado de projetos de máquinas precisas.

### 3.2 AVALIAÇÃO DOS FATORES AMBIENTAIS

Na Tabela 3 estão expostos os valores comparativos entre temperatura pontual coletada/ temperatura média recomendada, conforme a NR 15 e nível de ruído coletado/ nível de ruído recomendado, conforme a NR 17. O ruído é um dos fatores mais importantes a serem considerados em um ambiente de trabalho. Nos diversos segmentos de uso, ele se apresenta como indispensável para a vida moderna, contribuindo para o projeto de máquinas, equipamentos e ferramentas, bem como para detectar falhas que possam produzir danos irreparáveis. Entretanto, dependendo do tempo e nível de exposição pode causar confusão na comunicação entre os trabalhadores, redução da concentração, além de em situações mais severas, causar sérias lesões. Segundo a NR 15, o limite de exposição durante 8 horas de trabalho contínuo, de modo que não cause perturbação ou cause danos à saúde é de 85 dB. Ao analisar as condições do operador, foi verificado índice médio abaixo do limite máximo estabelecido, não causando, portanto, perturbação quanto a essa variável.

Em relação a temperatura, o trabalho nessas condições é considerado contínuo, classificado como de intensidade moderado pela NR 15 e portanto, apresentando limite de exposição ao calor de 26,7°C ou entre 20°C e 24°C segundo a NR 17. Durante a operação de preparo do solo estudada, o operador fazia o uso do ar condicionado, mantendo a média de 21,5°C, ou seja, dentro dos limites estabelecidos por ambas as normas. O ambiente de trabalho é fortemente influenciado pela temperatura. Quando em situações extremas, o espaço torna-se desconfortável, aumentando o risco de acidentes devido às tensões causadas pelo calor ou frio e podendo interferir negativamente também no desempenho do trabalhador em relação ao produto final (ALVES, 2002). O trabalho em condições climáticas desfavoráveis produz fadiga, esgotamento físico e nervoso, diminuição do rendimento e aumento de erros, além de expor o

organismo a diversas doenças (COUTO, 2007). Segundo esse mesmo autor, à medida que o meio se torna mais hostil, aumenta a preocupação do trabalhador sobre esse problema, o que afeta a sua atenção durante a atividade específica que está realizando e, conseqüentemente, provoca perda de eficiência e segurança no trabalho.

Tabela 3 – Avaliação do nível de ruído e temperatura evidenciados e parâmetros de referência segundo a NR 15.

Ruído (dB)		Temperatura (°C)	
Nível observado	80	Nível coletado	21,5
Recomendação NR 15	85	Recomendação NR 17/ NR 15	20 – 24/ máx. 26,7
Situação	Atende	Situação	Atende

Fonte: Autores.

Em relação as forças de acionamento, realizou-se a medição de vinte e um comandos e controles. Como os controles do tipo botão de pressão não são acionados continuamente por tempo superior a um minuto, tal aspecto permitiu a comparação, considerando 100% do valor máximo preconizado pela ISO 15077 (2008). Esses resultados, juntamente com os dos controles do tipo alavanca de mão, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação das forças empregadas e parâmetros de referência para o acionamento dos controles e comandos.

Controle	Forças (N)			
	Controle (Qtd)	Média	Grandjean (1998)	ISO 15077 (2008)
Alavanca de mão	Marcha (9)	84,39	Frente/atrás (Máx: 130); Lados (Máx: 90)	Máx: 230
	Comando óleos (3)	45,73		
	Direção (1)	14,70		
	Acelerador (1)	55,86		
	TDP (1)	196,00		
	Freio de mão (1)	176,4		
Botão de pressão	Sistema hidráulico (1)	16,66	Rec: 2,5 – 5,0	Máx: 20
	Buzina (1)	13,72		
	Pisca alerta (1)	16,66		
	Faróis (2)	10,78		

Fonte: Autores.

Ao analisar os controles acionados por alavanca de mão, foi observado que todos apresentaram valores abaixo do limite máximo estabelecido pela ISO 15077, entretanto, a TDP e do freio de mão ultrapassaram o recomendado ao considerar o recomendado por Grandjean (1998). Situação semelhante foi evidenciada nos botões de pressão, onde os cinco controles apresentaram valores abaixo do limite máximo estabelecido pela ISO 15077, porém acima do recomendado por Grandjean (1998).

O uso da força durante a execução de tarefas está diretamente vinculado à ocorrência de distúrbios. O tempo ao qual o organismo permanece exposto a essa variável é de fundamental



importância, uma vez que o tempo suportável (em minutos), decresce a medida em que aumenta a contração muscular (% da força máxima) (IIDA, 2016).

#### 4 CONCLUSÃO

A postura do operador de máquinas agrícolas apresentou-se de modo geral, satisfatória, com baixo risco ergonômico, elevando o risco apenas em 4% do período de operação. Para facilitar a operação, é recomendado realizar o apoio do antebraço, proporcionando maior conforto ao longo da jornada de trabalho. A fim de evitar a constante rotação do tronco buscando visualizar o implemento, a implantação de uma ferramenta de vídeo na cabina que desempenhasse tal função, auxiliaria na operação, reduzindo possíveis dores e desconfortos vinculados a essa postura.

Além disso, a realização da análise ergonômica permitiu evidenciar aspectos importantes para novos projetos de máquinas precisas, visando melhorar as condições de trabalho para o operador.

#### REFERÊNCIAS

- ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - UFSC. 221p. 2004.
- ALVES, et al. Avaliação do ambiente de trabalho na propagação de Eucalyptus spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 15077**: Tractors and machinery for agriculture and forestry: operator controls: actuating forces, their displacement and location. Genève. 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9999**: Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987. 12p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>>. Acesso em: 20 agosto de 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 17**: Norma Regulamentadora: Ergonomia. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>>. Acesso em: 02 maio de 2016.
- BARTHE, B., et al. **Trabalhar em horários atípicos**. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Ed. Blucher, 2007.
- BAUMHARDT, U. B. **Metodologia para concepção de cabines de Máquinas agrícolas com enfoque na segurança e ergonomia**. 2012. 259 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -

Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

BRITO, A. B. de. **Avaliação e redesenho da cabine do “feller-buncher” com base em fatores ergonômicos**. 2007. 151p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa- Viçosa. 2007.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho- conteúdo básico- guia prático**. Belo Horizonte: Editora ERGO, 2007.

de ALVARENGA, C. B.; PEDROSO VAL, V. L. P.; JÚNIOR, N. A. V.; ZAMPIROLI, R.; RINALD, P. C. N. Ocorrência de acidentes com máquinas agrícolas na região do cerrado de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.10, n.3 p.27-36, 2017.

de FONTANA, G. et al. A. Avaliação de características ergonômicas no posto do operador em colhedoras combinadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. 10p. 2004.

de GUIMARÃES BM, et al. Análise da carga de trabalho de analistas de sistemas e dos distúrbios osteomusculares. **Fisioterapia em Movimento**. v. 24, p. 115-124, Curitiba, 2011

DUL, J.; WEERDMEESTER, B.; IIDA, I. **Ergonomia prática**. São Paulo: Edgard Blücher. 137p. 2004.

Ergolândia – Software Ergolândia 5.0. (2014).

ERGOWEB – **Ergonomics Concepts**. Disponível em:< <https://ergoweb.com/solutions/workplace-ergonomics>>. Acesso em: 10 maio 2017.

FERNANDES, H.C; MADEIRA, N.G.; TEIXEIRA. M.M.; CECON. P.R.; LEITE. D.M. Acidentes com tratores agrícolas: natureza, causas e consequências. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.22, n.4, p.361-371, 2014.

FILHO, G. de. A. e S. **Avaliação de riscos para Ler/dort em empresa Metalúrgica – uma experiência de utilização do índice TOR-TOM e protocolo RODGERS de avaliação de posturas**. 2006. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Artes Médicas. 338 p. 1998.

GUIMARÃES, L.B.M.; PORTICH, P. Análise postural da carga de trabalho nas centrais de armação e carpintaria de um canteiro de obras. In: ABERGO 2002 – **Anais...** VII Congresso Latino-americano de Ergonomia, Recife, 2002.

IIDA, I. **Ergonomia**; projeto e produção. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2016.

INSS - INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL, 2017. Disponível em: <  
<https://www.inss.gov.br/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

MARCON, L. C. **Análise ergonômica das condições do trabalho de operação de tratores agrícolas**. 2013. 81p. Monografia. (Especialização em engenharia de segurança no trabalho). Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Criciúma. 2013.

MARQUES, N. R.; HALLAL, C. Z.; GONÇALVES, M. Características biomecânicas, ergonômicas e clínicas da postura sentada: uma revisão. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 17, p. 270-276, 2010.

NARIMOTO, L. R. **O trabalho dos operadores de máquinas colhedoras de cana-de-açúcar: uma abordagem ergonômica**. 2012. 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, 2012.

PAULUK, D; MICHALOSKI, A. O. Análise ergonômica do trabalho nas atividades de preparo do solo com trator agrícola. **Revista Espacios**. v. 37. p. 24- 35. 2016.

POTT, L. P.; et. al. Análise postural de operador agrícola na atividade de preparo do solo em áreas de várzea. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 22-27, jan./jul. 2019

ROZIN, D. et al. Conformidades dos comandos de operação de tratores agrícolas nacionais com a norma NBR ISSO 4253. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 1014-1019, set. 2010.

RULER – **Medición de ángulos en fotografías**. Disponível em: <  
<https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>>. Acesso em: set. 2017.

SILVA, C. B. da., et al. Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 179-185, 2011.

STRIEBEL, V.L.W. **Avaliação da percepção da carga de trabalho em fisioterapeutas em atividade de reabilitação de pacientes neurológicos**. 2003. 119 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

## PRECISÃO E ACURÁCIA NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES DE TRIGO ATRAVÉS DE UM DOSADOR- APANHADOR COM AUXÍLIO PNEUMÁTICO

*Precision and accuracy in longitudinal distribution of wheat seeds  
through a pneumatic disk meter*

Pablo do Amaral Alonço<sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>1</sup>, Tiago Rodrigo Francetto<sup>1</sup>, Rafael Sobroza Becker<sup>1</sup>, Luana Freitas Knierim<sup>1</sup>, Gessieli Possebon<sup>1</sup>, Vinícius Freitas Pedron<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Endereço, Avenida Roraima, 100. Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil. Contato do autor: [aloncopablo@gmail.com](mailto:aloncopablo@gmail.com)

### RESUMO

Avaliou-se a qualidade da distribuição individualizada de sementes de trigo através de um dosador-apanhador com auxílio pneumático em diferentes pressões negativas e rotações do disco dosador. Foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, LASERG, na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. O experimento foi conduzido em um arranjo bifatorial 4x4 com 4 repetições, totalizando 64 unidades experimentais, sendo um dos fatores a pressão negativa (5, 6, 7 e 8 kPa) e o outro a rotação do disco dosador (23,9; 27,0; 32,7 e 39,3 rpm). Para a coleta de dados utilizou-se um dosador-apanhador com auxílio pneumático equipado por um protótipo de disco dosador, em uma Bancada para Ensaio de Dosadores (BEDOSA). Em todas as pressões utilizadas a precisão ficou dentro do limite aceitável, enquanto que na rotação 32,7 rpm, excedeu o mesmo. O fator rotação do disco dosador exerceu mais influência na precisão da distribuição que a pressão. Referente a acurácia, apenas as pressões de 7 e 8 kPa obtiveram resultados considerados aceitáveis.

**Palavras-chave:** Semeadura de precisão. Máquinas agrícolas. Ensaio em laboratório.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the quality of longitudinal distribution of wheat seeds, using a pneumatic disk meter in different negative pressures and rotations of seed plate disk. It was realized at Laboratory of Research and Development of agricultural machinery, LASERG, at Federal University of Santa Maria, UFSM. The test was constituted by bifactorial arrangement 4x4, with 4 repetition, totalizing 64 experimental units, where one factor was the negative pressure (5, 6, 7 and 8 kPa) and the other was the rotation of the seed plate disk (23.9; 27.0; 32.7 and 39.3 rpm). For the data collection was used a Stand for Seed Dosing Test (BEDOSA), coupled by a pneumatic disk meter with a seed plate disk prototype. At all pressure used the accuracy was acceptable, while at 32.7 rpm it exceeded. The factor rotation of the seed plate disk exerted more influence on the distribution precision than the pressure. As for accuracy, only at 7 and 8 kPa pressures the results considered acceptables were met.

**Keywords:** Precision seeding. Agricultural machine. Laboratory testing.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil cultiva uma área de cerca de 2 milhões de hectares de trigo e estima-se que a produtividade média na próxima safra alcance  $2.800 \text{ kg ha}^{-1}$  (Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB, 2019). Esta produção, no entanto, representa apenas 1% do total mundial, ao passo que países da União Europeia, detêm 20% da produção mundial e apresentaram média  $5.838 \text{ kg ha}^{-1}$  na safra 2017 (Statistical office of European Union, EUROSTAT, 2018). Junto a isso, a cultura é considerada uma das mais importantes do mundo e deverá desempenhar papel fundamental para gerar segurança alimentar a uma população que, em 2050, chegará à 10 bilhões de pessoas (HOCHMAN & HORAN, 2018).

Em virtude da grande variação de climas em todo o território nacional, atualmente apenas nove estados e o Distrito Federal possuem recomendações para o cultivo do cereal, sendo que a região Sul do país concentra cerca de 90% da produção nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, 2018). Porém, estados como Bahia, Goiás e Distrito Federal apresentaram produtividades acima de  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$  na safra 2018 (CONAB, 2019), demonstrando o grande potencial produtivo da cultura nas regiões, desde que empregadas as técnicas de manejo corretas.

### 1.1 SEMEADORAS

A semeadora e os mecanismos que a compõem, inserem-se como os responsáveis por fazer o processo de corte de palha, abertura de sulco, deposição de sementes e fertilizantes, fechamento e compactação do sulco (BALASTREIRE, 2005).

No que diz respeito à semeadura da cultura, a mesma é realizada através de semeadoras de fluxo contínuo, que não possuem a capacidade de individualizar as sementes. Dessa forma, acabam sendo utilizadas doses elevadas que, por sua vez, reduzem o número de perfilhos por planta e de espiguetas por espiga (GROSS, 2012).

Assim, uma das alternativas para maximizar as condições de cultivo poderá ser realizando a semeadura individualizada das mesmas. Para tal, a utilização de semeadoras-adubadoras com dosadores de auxílio pneumático podem ser uma alternativa viável, visto que a mesma tem apresentado resultados extremamente satisfatórios em cultivos como a soja, que no sistema plantio-direto sucedem o cultivo do trigo, sendo esta, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, EMBRAPA (2018), a principal combinação de culturas no Brasil.

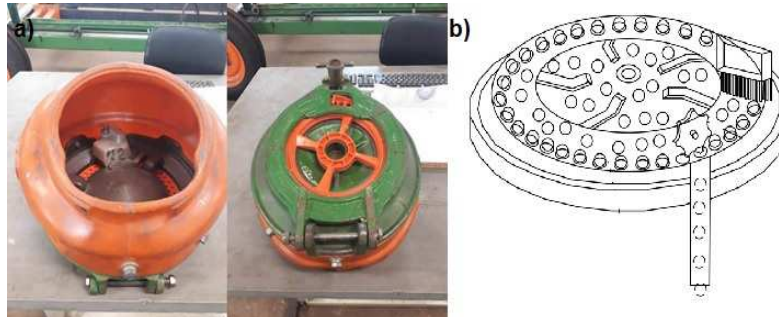
Para avaliar o desempenho das semeadoras de precisão quanto à distribuição longitudinal de sementes, a International Organization for Standardization (ISO, 1984), recomenda a utilização da precisão dos tratamentos para avaliar a qualidade de distribuição de sementes. Além disso, Shearer et al. (2002), Monico et al. (2009) e Machado (2014), sugerem a avaliação da acurácia dos resultados, pois a mesma leva em consideração os efeitos aleatórios e sistemáticos que interferem na regularidade da distribuição.

### 1.2 DOSADORES

Dentre as semeadoras de precisão, as mais utilizadas são as que possuem disco dosador horizontal (mecânico) e as que possuem dosador-apanhador com auxílio pneumático. Em 2015, os dosadores mecânicos (Figura 1) compunham 79,57% das semeadoras comercializadas no Brasil (FRANCETTO et al., 2015), estes, constituem-se de discos horizontais perfurados, de

forma que as sementes devem preencher os alvéolos do disco e, a partir daí, são direcionadas ao tubo condutor que as conduzirá até o sulco de semeadura (ORTIZ-CAÑAVATE, 1980).

Figura 1 - Dosador de disco horizontal.

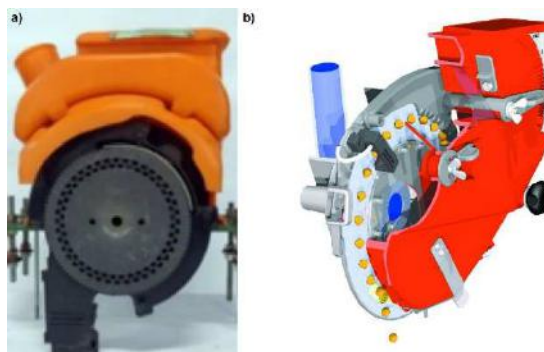


Fonte: Autor (a) e adaptado de Dalacort e Stevan Jr (2017) (b).

No entanto, Balastreire (2005) cita que dependendo das culturas e variedades utilizadas, é muito difícil obter uma combinação de disco que consiga individualizar todo o lote de sementes. Além disso, o índice de sementes quebradas em dosadores mecânicos pode chegar a 7%, em função da pressão que as sementes exercem uma sobre a outra.

Já o dosador de sementes pneumático (Figura 2), segundo Carpes (2014), funciona através de pressões negativas de sucção, que individualmente coleta e transporta as sementes desde o reservatório de sementes até o local de liberação das mesmas, onde há ausência de pressão e, assim, são liberadas no tubo condutor e transportadas até o sulco de semeadura.

Figura 2 - Dosador-apanhador com auxílio pneumático.



Fonte: Adaptado de Becker et al. (2016) (a) e Kneverland (b).

No entanto, para sementes miúdas é necessário cautela em relação à pressão de sucção que será utilizada, pois como os orifícios serão muito pequenos, a força de retenção das sementes será muito baixa, favorecendo o desprendimento das mesmas (MACHADO et al., 2005).

Mialhe (1996) ainda afirma que devido à maior confiabilidade dos sistemas pneumáticos para semeadura, os mesmos devem apresentar crescente procura pelo mercado consumidor, em função da sua superioridade em relação aos demais mecanismos. Balastreire (2005) e Siqueira (2008) afirmam que os dosadores pneumáticos apresentam maior precisão na dosagem

das sementes além de ausência de danos mecânicos. Além disso, podem ser empregados para uma grande variedade de sementes, pequenas, grandes, irregulares e esféricas (MACHADO et al., 2005).

Através da combinação de diferentes números e diâmetro de alvéolos e velocidades tangenciais do disco dosador serão obtidas as diferentes densidades de semeadura (SINGH et al., 2005). Assim, nos dosadores pneumáticos, o formato dos alvéolos deverá levar em consideração as dimensões da semente, para que a mesma consiga se encaixar com maior precisão (SONG et al., 2014). Casão Jr (1996), ainda cita que o diâmetro do orifício de dosagem para sementes de trigo deve ser o tamanho do menor diâmetro da semente. Onal et al. (2010) concluíram que velocidades periféricas acima de  $0,33 \text{ m s}^{-1}$  são um fator restritivo para a acurácia na semeadura de algodão e milho enquanto que Rossato (2018), encontrou como velocidade periférica limitante para os espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos,  $0,29 \text{ m s}^{-1}$ .

### 1.3 PRESSÃO NEGATIVA

Um dos grandes desafios para realizar a individualização das sementes miúdas utilizando um dosador pneumático é determinar a pressão negativa que consiga retê-las no alvéolo e, que na ausência da mesma, se desprenda e seja depositada no tubo condutor. Alonço et al. (2014) afirmam que, em dosadores pneumáticos, deve-se levar em consideração além da velocidade tangencial do disco, a pressão negativa do sistema de vácuo.

Reis et al. (2006) citam que existe interação entre a pressão negativa de sucção e o diâmetro dos orifícios dos discos dosadores para que aconteça a captura das sementes pelo mecanismo dosador. Satti et al. (2013), concluíram que com a elevação da pressão negativa em um dosador pneumático, o índice de qualidade na alimentação de sementes aumentou. Carpes (2019), na cultura do arroz, identificou que com a diminuição da pressão negativa de sucção, a acurácia reduziu, dosando um número de sementes inferior ao planejado.

### 1.4 DENSIDADE DE SEMEADURA

Segundo as recomendações técnicas da EMBRAPA (2018) para o cultivo do trigo, no que diz respeito à densidade de semeadura, a mesma sofrerá variações de acordo com a Região em que estiver sendo introduzida, ao ciclo da cultivar e, se o cultivo será de duplo-propósito ou cultivo de grãos. Para o Rio Grande do Sul, atualmente a densidade de semeadura poderá variar de 250 a 400 sementes viáveis por metro quadrado, em um espaçamento entre linhas que pode variar de 0,17 a 0,20 metros.

Tavares et al. (2014) afirmam que a densidade de semeadura é um fator que interfere na capacidade de perfilhamento e em demais componentes de rendimento, como altura de plantas, produtividade e número de espigas por metro quadrado. Junto a isso, Sander et al. (2011), em densidades de 200 a 500 sementes viáveis por metro quadrado, não obtiveram diferenças significativas quanto à produtividade, além de observarem redução no número de filhos estéreis. Gross et al. (2012), avaliando as densidades de 160 a 480 plantas por metro quadrado também não observaram diferenças significativas quanto à produtividade, mas o número de perfilhos nas maiores densidades foi menor. Fontes (2000), trabalhando com a cultura do trigo irrigado, também não obteve diferenças significativas na produtividade variando de 150 a 450 sementes por metro quadrado. Por fim, Senger (2013), avaliou populações de trigo de 45 a 90 plantas por metro linear e não obteve diferenças significativas na produtividade, observando

redução de perfilhos, número de espiguetas por espiga e na massa de mil grãos. Desta forma, utilizando mecanismos que consigam dosar as sementes em menores densidades, como um dosador pneumático, pode haver manutenção da produtividade ao mesmo tempo em que ocorreria economia de sementes e fertilizantes.

Assim sendo, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da distribuição longitudinal individualizada de sementes de trigo utilizando um protótipo de disco dosador em um dosador-apanhador com auxílio pneumático em diferentes pressões negativas e rotações do disco dosador.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), localizado na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, Brasil.

Foi utilizada uma Bancada para Ensaio de Dosadores (BEDOSA), projetada e desenvolvida por Alonço et al. (2010) e Silveira et al. (2010), que permite o acoplamento de diversos mecanismos dosadores de sementes. Utilizou-se também uma esteira carpetada revestida em feltro com comprimento de 17,5 metros e uma fita métrica disposta paralelamente à esteira para fazer a verificação dos espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos. Para realizar o acionamento dos mecanismos utilizaram-se motores elétricos, controlados por inversores de frequência, possibilitando o ajuste da velocidade requerida da esteira e da rotação do disco dosador. A velocidade de deslocamento na esteira foi mantida em  $1,38 \text{ m s}^{-1}$  ( $5 \text{ km h}^{-1}$ ).

Foi utilizado um dosador-apanhador com auxílio pneumático de sementes pertencente à marca comercial John Deere<sup>®</sup>, equipado por um protótipo de disco vertical desenvolvido por Carpes (2019), de 127,5 mm de raio e 144 orifícios dispostos em 4 fileiras, pelos quais as sementes são presas por meio da pressão negativa do ar até serem dispensadas no tubo condutor. Para gerar a pressão negativa empregou-se uma Bancada de Geração de Vácuo (BGV) que, através de uma válvula reguladora de pressão, permite a utilização de diferentes níveis. Foram utilizadas as pressões de 5, 6, 7 e 8 kPa. O ar aspirado, que gera a pressão negativa, foi conduzido ao dosador através de uma mangueira flexível com 50 mm de diâmetro.

As velocidades do disco dosador foram aferidas através de um tacômetro digital da marca Instrutherm<sup>®</sup>, modelo TD-706, que corresponderam à diferentes densidades de semeadura teóricas. Para obter as diferentes frequências para cada densidade de semeadura, utilizou-se um inversor de frequência da marca WEG<sup>®</sup> CFW 10. Através da Tabela 1 podemos observar todos estes valores.



Tabela 1 - Densidades de semeadura, velocidades de deslocamento do disco dosador e as frequências necessárias para alcançá-las.

Sementes por metro linear	Sementes por m <sup>2</sup>	Rotação do disco (rpm)	Velocidade tangencial (m s <sup>-1</sup> )	Frequência (Hz)
42,5	245	23,90	0,32	252,90
51,0	276	27,00	0,36	315,00
59,5	335	32,70	0,44	368,10
68,0	400	39,30	0,52	448,50

Para avaliar a precisão, seguiu-se as recomendações de Kachman & Smith (1995) que é estabelecida pela equação (1):

$$\text{Precisão (\%)} = \left( \frac{\text{Desvio padrão dos espaçamentos aceitáveis}}{\text{Espaçamento teórico ideal}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Já a acurácia, foi calculada através da equação (2) e classificada em aceitável ou não conforme as recomendações de Cerri (2001), em que o Limite Superior de Controle (LSC) é definido em 3,0% e, o Limite Inferior de Controle (LIC), -3,0%.

$$\text{Acurácia (\%)} = \left( \frac{\text{SMUE} - \text{SMT}}{\text{SMT}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

SMUE = Número de semente por metro linear observado.

SMT = Número de sementes por metro linear teórico.

Foram utilizadas sementes de Trigo (*Triticum spp.*), desenvolvida pela Biotrigo Genética<sup>®</sup>, Cultivar TBIO Sossego, cuja massa de mil sementes é de 33 g, 0,26 cm de espessura, 0,31 cm de largura e 0,58 cm de comprimento, em média.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em um esquema bifatorial 4x4, onde os tratamentos constituíram-se das combinações das pressões negativas (5, 6, 7 e 8 kPa) com as diferentes rotações do disco dosador (23,9; 27,0; 32,7; e 39,3 rpm). Foram utilizadas 4 repetições para cada tratamento, totalizando 64 unidades experimentais.

Os dados coletados foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett para verificação da aderência dos resíduos à distribuição normal e identificar a condição de homogeneidade das variâncias, respectivamente. Atendidos esses pressupostos procedeu-se a análise de variância no software SISVAR, Versão 5.3 beta (FERREIRA, 2010). As médias dos tratamentos quantitativos foram submetidas a análise de regressão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Tabela 2, podemos observar os dados da análise da variância dos dados obtidos.

Pode-se observar que não houve interação significativa entre os fatores, ou seja, o efeito da modificação das variáveis não é inerente da interação entre estes e sim pela ação isolada dos

mesmos. Assim, como tratavam-se de variáveis quantitativas, adotou-se como procedimentos complementares a realização da regressão linear para a precisão e, para a acurácia, optou-se por realizar um teste de qualidade de distribuição.

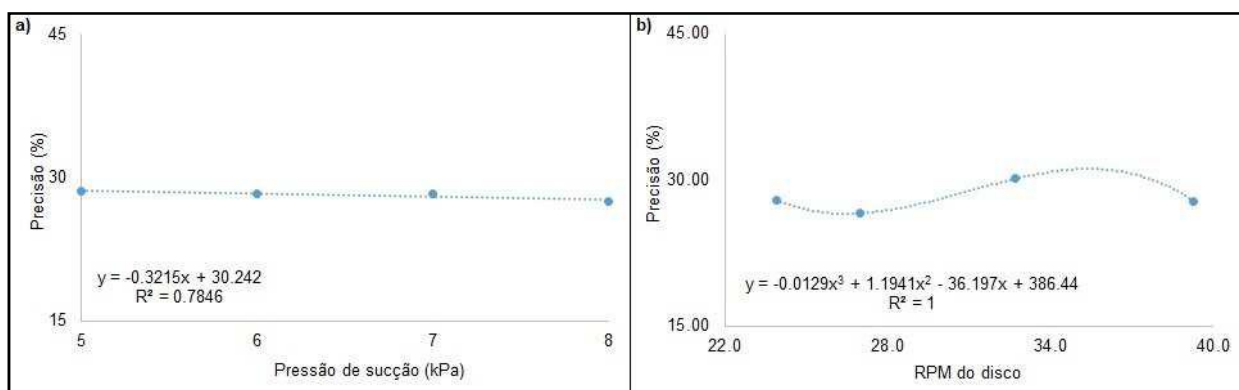
Tabela 2 - Análise da variância com os resultados do teste F, para precisão e acurácia.

Fatores	Variáveis (%)	
	Precisão	Acurácia
	<b>Teste F</b>	
Pressão (A)	0,0616 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>**</sup>
Rotação (B)	0,0000 <sup>**</sup>	0,0000 <sup>**</sup>
(A) x (B)	0,2624 <sup>ns</sup>	0,8068 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,11	-39,06
Média Geral	28,15	-11,46

<sup>\*\*</sup>: Significativo a 1% de probabilidade de erro ( $Pr < 0,01$ ); <sup>ns</sup>: Não significativo ( $Pr \geq 0,05$ ).

Por meio dos gráficos expressos na Figura 3, é possível analisar a precisão em função de cada pressão negativa utilizada.

Figura 3 - Gráficos e equações de regressão para a precisão em cada pressão negativa (a) e rotação do disco dosador utilizada (b).



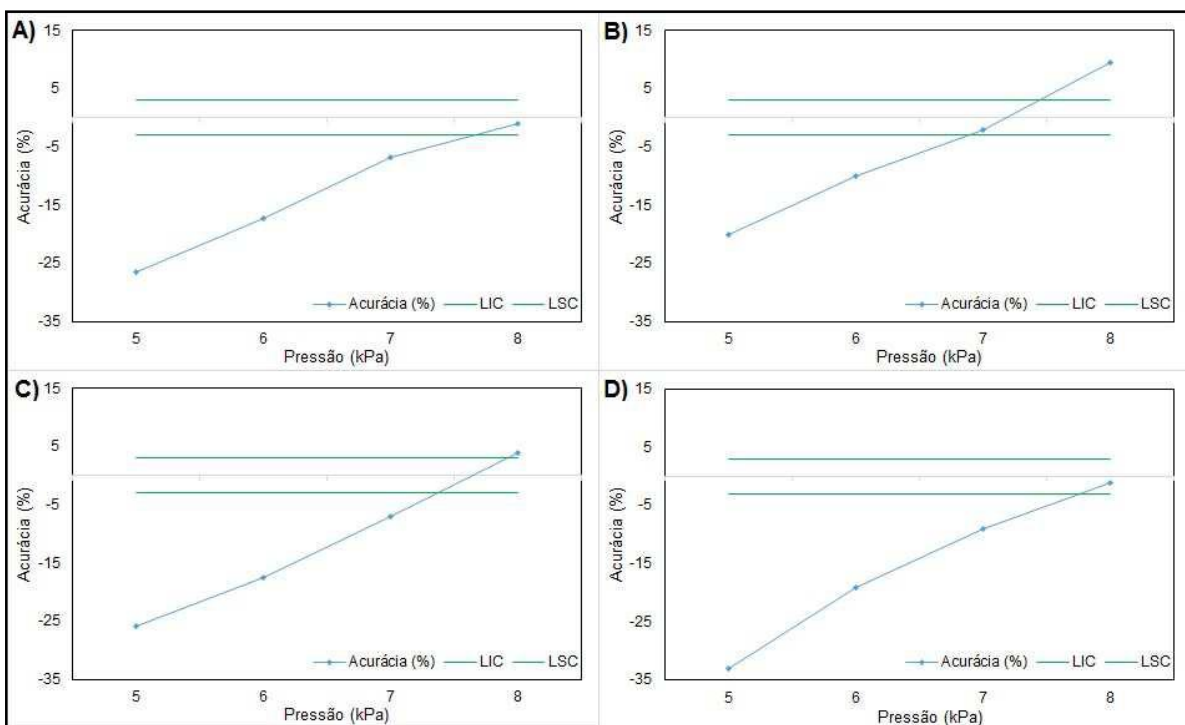
Todos os tratamentos que dizem respeito à pressão negativa utilizada (3a) podem ser classificados com precisão aceitável pois, conforme Kachman e Smitt (1995), dosadores com boa precisão são aqueles que apresentam índice máximo de 29% e, observando os resultados, percebe-se que os mesmos não só apresentaram valores inferiores ao máximo aceitável como também atenderam uma certa linearidade, explicada através da equação  $Y = -0,3213X + 30,24$ , demonstrando que a pressão utilizada no dosador não influenciou significativamente na precisão.

Já os dados referentes à precisão nas diferentes rotações (rpm) do disco dosador (3b), demonstra que nem todas as variáveis obtiveram índices considerados satisfatórios, como na rotação de 32,7 (rpm), que apresentou 30,35%, acima do considerado ideal por Kachman e Smitt (1995). No entanto, na rotação de 27,0 rpm foi obtido 26,57% de precisão, indicando que, nesta rotação, a distribuição longitudinal de sementes foi mais uniforme. Como os resultados obtidos

apresentaram uma equação de terceiro grau, observa-se uma grande dificuldade em estudar a estabilidade do fator rotação, uma vez que quanto maior for a equação de regressão, mais instável será o efeito dos dados apresentados. Além disso, podemos inferir que o fator velocidade de rotação do disco dosador exerceu maior influência na precisão do que a pressão negativa utilizada.

Através da figura 4, abaixo, pode-se observar a qualidade de distribuição na acurácia, por meio dos valores médios em cada tratamento, tendo por limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC), 3,0 e -3,0%, respectivamente.

Figura 4 - Valores médios da acurácia para as diferentes rotações do disco dosador (A = 23,9 rpm; B = 27,0 rpm; C = 32,7 rpm e D = 39,3 rpm).



Os melhores resultados foram obtidos nas pressões de 7 e 8 kPa, as únicas em que se obteve valores dentro do intervalo estipulado por Cerri (2001). Da mesma forma que, a obtenção destes se deu em todas as rotações planejadas e, conseqüentemente, todas as respectivas velocidades periféricas. Desta forma, os resultados obtidos para as culturas do milho e do algodão por Onal et al. (2010), de que velocidades periféricas acima de  $0,33 \text{ m s}^{-1}$  comprometem a acurácia na semeadura, não se aplicam para a cultura do trigo. Dentre as diferentes velocidades, 27 rpm ( $0,36 \text{ m s}^{-1}$ ) foi a que mais se aproximou dos valores ideais esperados, -5,70%, ainda que inferiores ao considerado aceitável. No entanto, observa-se que as variáveis em que os índices de acurácia apresentaram valores mais insatisfatórios, foram justamente aquelas em que o número de espaçamentos falhos foram maiores, podendo indicar uma tendência de que quanto maior o índice de espaçamentos falhos, mais difícil será manter a regularidade da densidade de semeadura planejada, conseqüentemente, os índices de acurácia serão inferiores.

#### 4. CONCLUSÃO

Mesmo que a avaliação dos espaçamentos aceitáveis não tenha atingido os patamares esperados, a precisão e a acurácia, em alguns casos, foram satisfatórias, o que nos indica que é possível realizar a semeadura individualizada de sementes de trigo utilizando um dosador-apanhador com auxílio pneumático.

Com a elevação da rotação do disco dosador e da pressão negativa, simultaneamente, a acurácia apresentou valores acima do considerado aceitável, enquanto que a precisão excedeu o valor máximo apenas na utilização da velocidade de 32,7 rpm e manteve-se linear e dentro do aceitável para todas as pressões utilizadas.

#### REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio.** São Paulo, 1994.26 p.
- ALONÇO, A. S., et al. **Projeto de uma bancada para ensaios de dosadores pneumáticos de sementes: fase informacional e conceitual.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, Anais... Jaboticabal: SBEA, 2010, CDrom.
- ALONÇO, A. S.; SILVEIRA, H. A. T.; BELLÉ, M. P.; MACHADO, O. D. C.; FRANCKETTO, R. T. **Efeito da inclinação transversal sobre o desempenho de dosadores pneumáticos em diferentes velocidades de operação.** Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 29, n. 3, p. 174-181, 2014.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas.** Piracicaba. 2005. 322p.
- CARPES, D. **Desenvolvimento e avaliação de um mecanismo adaptável em dosador pneumático para individualização de sementes de arroz.** 2019, 128p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.
- CARPES, D. **Distribuição longitudinal de sementes de milho e soja em função do tipo de tubo condutor, do mecanismo dosador e da variação da densidade de semeadura.** 2014, 86p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.
- CASÃO JUNIOR, R. **Desenvolvimento de sistema pneumático de dosagem e transporte de sementes.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, SP. 1996.
- CERRI, D. G. P. **Desenvolvimento de um sistema de aplicação localizada de calcário a taxas variáveis.** 2001. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- COELHO, J. L. D. **Ensaio e certificação das máquinas para a semeadura.** In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 551-570.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira grãos, v. 6 Safra 2018/19** – Décimo levantamento, Brasília, p. 1-113, julho 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2019 / XII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**; Brasília, DF : Embrapa, 2018

EUROSTAT – STATISTICAL OFFICE OF EUROPEAN UNION. **Crop production in national humidity**. Eurostat, 2018.

FERREIRA, D.F. SISVAR - **Sistema de análise de variância. Versão 5.3**. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FONTES, J. R. M; CARDOSO, A. A; SOUZA, M. A. de CRUZ, C. D. **Relação do espaçamento e da densidade de semeadura com o rendimento de grãos e outras características agrônômicas do trigo**. Ceres, Viçosa, v. 4, n. 269, p. 61-73, 2000.

FRANCETTO, T. R.; DAGIOS, R. F. ; LEINDECKER, J. A. ; ALONÇO, A. dos S. ; FERREIRA, M. F. **Características dimensionais e ponderais das semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil**. Tecno-lógica (Santa Cruz do Sul . Online), v. 19, p. 18-24, 2015.

GROSS, T. F. ; DIAS, A. R. ; KAPPES, C. ; SCHIEBELBEIN, L. M. ; ANSELMO, J. L. ; HOLANDA, H. V. . **Comportamento Produtivo do Trigo em Diferentes Métodos e Densidades de Semeadura**. Scientia Agraria Paranaensis, v. 11, p. 50-60, 2012.

HOCHMAN, Z.; HORAN, H. **Causes of wheat yield gaps and opportunities to advance the water-limited yield frontier in Australia**. Field Crops Research, v. 288, p. 20-30, 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Área plantada, área colhida e produção**. 2018

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7256/1:Sowing equipment – Methods of test – Part 1: Single seed drills (precision drills)**.Geneva, 1984. 16p.

KACHMAN, S.D.; SMITH, J.A. **Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering**. Transactions of the ASAE, St Joseph, v.38, n. 2, p.379-387, 1995.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MORAES, M. L. B.; ALONÇO, A. S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais.. 2. ed**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2005. v. 1. 257p.

MACHADO, O. D. da C.; **Acurácia e tempos de resposta de semeadora de milho à taxa variável em regimes estacionário e transitório de acionamento**. 2014, 212 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

MIALHE, L. G.; **Máquinas agrícolas, ensaios e certificação**. Piracicaba, SP : Fundação de estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P. D.; GALO, M.; SANTOS, M. C. dos; OLIVEIRA, L. C. de. **Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 15, n. 3, 2009.

ONAL, I.; A. DEGIRMENCIOGLU, A. Yazgi.. **Seed spacing accuracy evaluation of a vacuum type metering unit based on some theoretical considerations and experiments on precision seeding**. (In press, Turk J. Agric For). 2010.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; **Las máquinas agrícolas y su aplicación**. Madrid, 1980.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A.; RAMOS, U. A. P. **Avaliação do diâmetro do orifício e da pressão de ar na dosagem pneumática de sementes de arroz**. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 191 – 197, abr./jun. 2006.

ROSSATO, L. F. R.; **Fatores de influência na distribuição longitudinal de sementes por semeadoras de precisão**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SANDER, G.; COSTA, A. C. T. da; DUARTE JUNIOR, J. B. **Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura no perfilhamento e produtividade de trigo**. In: V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2011, Dourados, MS. V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2011.

SATTI Y. H.; Q. X. LIAO; J. J. YU; D. He. **Dynamic analysis for kernel picking up and transporting on a pneumatic precision metering device for wheat**. Agric. Eng. Int: CIGR Journal, v. 15, n. 2, p. 95–100. 2013.

SENGER, M. **Arranjo e populações de plantas e sua influência em características agrônômicas e na produtividade de trigo e cevada**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, PR. 2013.

SHEARER, S. A.; STOMBAUGH, T. S.; FULTON, J. P.; MUELLER, T. G. **Considerations for development of variable-rate controller test standard**. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2002, Chicago. Anais... Chicago: ASAE e CGIR, 2002.

SILVEIRA, H. A. T. da, et al. **Projeto e desenvolvimento de uma bancada de ensaios de dosadores pneumáticos: fase preliminar e detalhada**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 39, 2010, Vitória, Anais... Jaboticabal: SBEA, 2010, CD-rom.

SINGH, R. C.; SINGH, G.; SARASWAT, D. C.; **Optimisation of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds**. Biosystems Engineering, v. 92, edição 4, p. 429-438. 2005

SIQUEIRA, R. Milho: **Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade.** Londrina, Paraná, 2008.

SONG. S.; DONGXING Z.; LI, Y. **Design and experiment of pneumatic maize precision seed-metering device with combined holes.** Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 30(5): 10–18. 2014.

TAVARES, LUÍS CÉSAR VIEIRA; FOLONI, JOSÉ SALVADOR SIMONETI; BASSOI, MANOEL CARLOS; PRETE, CÁSSIO EGÍDIO CAVENAGHI. **Genótipos de trigo em diferentes densidades de semeadura.** Pesquisa Agropecuária Tropical (Online), v. 44, p. 166-174, 2014.

## PERDAS QUANTITATIVAS E TAMANHO DE AMOSTRA NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA

### *Quantitative losses and sample size in mechanized soy harvest*

Rômulo Bock<sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>2</sup>, Luana Freitas Knierim<sup>3</sup>, Tiago Gonçalves Lopes<sup>4</sup>, Gessieli Possebom<sup>5</sup>, Henrique Eguilhor Rodrigues<sup>6</sup>, Mayara Torres Mendonça<sup>7</sup>, Luciano Toscani Santi<sup>8</sup>, Vilnei de Oliveira Dias<sup>9</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Endereço, Avenida Roraima, 100. Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, **romulobock1994@gmail.com; airtonalonco@gmail.com; luanaknierim@gmail.com; tiagoglopes@yahoo.com; gessielip@hotmail.com; henrique\_eguilhor@hotmail.com; mayaratorres@id.uff.br**

<sup>8,9</sup> Universidade Federal do Pampa, Avenida Tiarajú, 810. Bairro Ibirapuitã, 97546-550, Alegrete - RS, Brasil. **luciano\_toscani@hotmail.com; vilneidias@gmail.com**

### RESUMO

A ausência do monitoramento das perdas na colheita de grãos, aliada a falta de metodologias e práticas adequadas para estimá-las, contribuem com o aumento dos níveis de perdas. Nesse sentido, este trabalho teve como principal objetivo avaliar o efeito do tamanho de amostra sobre as perdas quantitativas de grãos de soja. O experimento foi conduzido na Granja Bock, localizada no município de Alegrete/RS, no período da safra 2017/2018. Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois índices de molinete (1,0 e 1,2), quatro velocidades de deslocamento (3, 5, 7 e 9 km h<sup>-1</sup>) e cinco tamanhos de amostra (0,5, 1,0, 2,0, 3,0 e 4,0 m<sup>2</sup>). Os dados foram submetidos à ANOVA e testes de separação de médias. Os resultados permitiram observar diferenças significativas entre os tratamentos, evidenciando-as nas interações. De maneira geral, os tamanhos de amostra de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup> subestimaram as perdas, em comparação aos demais tratamentos, corroborando e recomendado pela EMBRAPA 2011, em que preconiza o uso de 2 m<sup>2</sup>.

**Palavras-Chave:** *Glycine max* L. Amostragem. Quantificação. Prejuízos.

### ABSTRACT

The absence of monitoring of grain harvest losses, coupled with the lack of adequate methodologies and practices to estimate them, contribute to the increase in loss levels. In this sense, this study aimed to evaluate the effect of sample size on quantitative losses of soybeans. The experiment was conducted at Granja Bock, located in the municipality of Alegrete / RS, during the 2017/2018 harvest season. The treatments were composed by the combination of two reel indexes (1.0 and 1.2), four displacement speeds (3, 5, 7 and 9 km h<sup>-1</sup>) and five sample sizes (0.5, 1, 0, 2.0, 3.0 and 4.0 m<sup>2</sup>). Data were submitted to ANOVA and means separation tests. The results allowed to observe significant differences between the treatments, evidencing them in the



interactions. In general, the sample sizes of 0.5 m<sup>2</sup> and 1.0 m<sup>2</sup> underestimated losses compared to other treatments, corroborating and recommended by EMBRAPA 2011, which recommends the use of 2 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** *Glycine max* L. Sampling. Quantification Losses.

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a soja é a cultura mais importante no agronegócio mundial, responsável por movimentar cerca de 31,7 bilhões de dólares em 2018. Os principais produtores são os Estados Unidos da América, com 34,4% da produção mundial, seguido pelo Brasil, com 32,3%. Outros países como Argentina, China e Índia também têm destaque na produção mundial de soja (INOUNE, 2019). Na safra 2018/19, a estimativa de produção de soja no Brasil é de 118,8 milhões de toneladas, com uma redução de 0,4% em relação à safra passada. Estima-se que será cultivada uma área de 35,8 milhões de hectares que corresponde a um aumento de 1,7 % com relação à safra 2017/18 (CONAB, 2019).

Esse acréscimo se deve, além dos incentivos, a transição de produtores tradicionalmente cultivadores de arroz. A mudança de cultura é consequência da desvalorização do grão do arroz, associado a dificuldades de manejo em áreas infestadas com arroz vermelho. Na safra 2017/18, a área cultivada com soja, em sistema de rotação com arroz irrigado, foi em torno de 250 mil hectares na fronteira oeste do estado do RS, principal produtora de arroz irrigado do Brasil e, um total de 380 mil hectares semeados (IRGA, 2018). Atualmente, a região da fronteira oeste contribui para o destaque do Rio Grande do Sul na produção brasileira de grãos de soja. Por esse motivo, o estado obtém o título de terceiro maior produtor de soja do país, com uma produção de 18,7 milhões de toneladas, área plantada de 5,5 milhões de hectares e produtividade média de 3.360 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017).

Na busca constante de elevação de produtividade, eliminar quaisquer possibilidades de perda na produção de grãos, podem representar ganhos significativos ao produtor. Nesse cenário, dentre as etapas de produção, a colheita merece destaque, com perdas decorrentes das quedas de grãos no campo (ROCHA et al., 2015). Só no ano de 2015 foi estimada uma perda total de 2,4 milhões de toneladas de grãos, ou 1,3% da produção de todos os grãos naquele ano, equivalente a 2 bilhões de reais (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2017). Segundo Nunes (2016), apenas de 3% a 8% das perdas na colheita são devido ao processo de deiscência natural da cultura, cerca de 80% a 85% das perdas, ocorrem pela ação dos mecanismos da plataforma de corte das colhedoras, principalmente o molinete, a barra de corte e o caracol e 12% são devido a fatores relacionados aos mecanismos internos das colhedoras (trilha, separação e limpeza). Alonço, (2001) ressalta a importância da regulagem adequada das colhedoras de arroz, sendo capaz de diminuir as perdas em até 10% com os devidos cuidados.

As perdas são causadas por fatores referentes a cultura e a máquina, os relacionados com a máquina normalmente são os responsáveis por maior parte das perdas (BALASTREIRE, 1990). Dentre os fatores relacionados a máquina, a velocidade de deslocamento (CUNHA; ZANDBERGEN, 2007), e o índice de molinete (relação entre velocidade de avanço e velocidade periférica do molinete) são os fatores de maior influência nos níveis de perdas (BRAGACHINI; BONETO, 1990), visto que muitos produtores não possuem uma quantidade de colhedoras adequada ao tamanho da lavoura e necessitam intensificar o processo para condizer com a janela de colheita, podendo contribuir para uma maior perda de grãos.

Existem diversos métodos utilizados para determinação de perdas na colheita mecanizada de grãos. Para que os resultados sejam confiáveis é necessário ter colaboradores para a coleta de dados. Sendo assim, reduzir o tamanho da amostra, para estas determinações, pode ser de grande importância. O tamanho mínimo da amostra, para realizar a quantificação das perdas, tem relação direta com a aceleração da avaliação, o que reduz o trabalho e o tempo para determinação das perdas (BISOGNIN, 2015).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar as perdas quantitativas de grãos de soja e o efeito do tamanho da área amostral sobre suas estimativas, em função da velocidade de deslocamento e do índice de molinete na plataforma de corte.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Granja Bock, localizada no município de Alegrete/RS, no ano agrícola de 2017/18. A altitude é de 130 metros em relação ao nível do mar, com superfície plana, e coordenadas geográficas de Longitude Sul 55° 47' 45" e Latitude Norte 25° 45' 34". A principal atividade da propriedade é o plantio do arroz irrigado e da soja, com 45 hectares de cada cultura, totalizando 90 hectares de área de produção, no sistema de rotação de culturas. Esse sistema está implantado há 10 anos, sendo que, no período de inverno, a área permanece em pousio. A densidade de semeadura da soja foi de 60 kg ha<sup>-1</sup>, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, população de plantas esperada de 14 plantas por metro, totalizando 311.111 plantas por hectare.

Por suas características de relevo e drenagem natural, a área pode ser classificada como várzea. Para Carvalho et al. (2003), as regiões denominadas várzeas, são áreas úmidas que compreendem inúmeros ecossistemas e, além disso, são locais estratégicos de conservação, devido à alta diversidade biológica e produtividade que resultam das relações estabelecidas entre a fauna, vegetação, solo e água. A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Ponta IPRO<sup>2</sup>, com boa adaptação à solos de várzea e elevado potencial produtivo. A cultivar possui resistência ao nematóide de cisto e o peso de mil sementes é 0,166 quilogramas, com época de semeadura recomendada para a região Sul entre os dias 10/10/2017 a 25/10/2017. Seu ciclo é precoce, com duração próxima a 115 dias (ROOS, 2019).

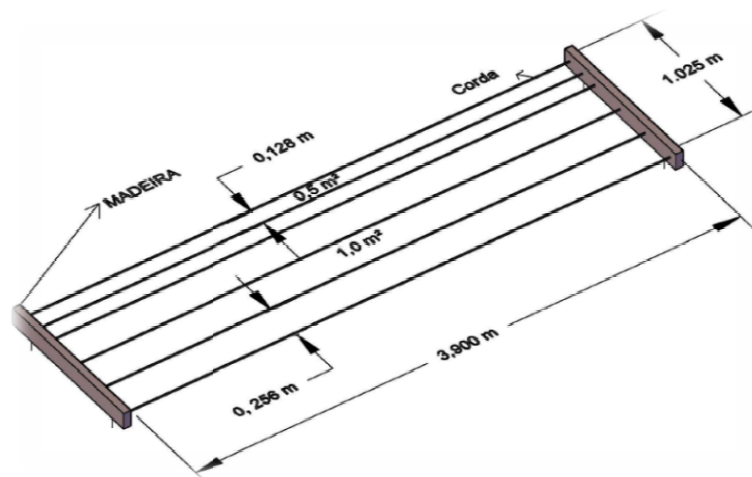
Foi utilizada uma colhedora autopropelida da marca Massey Ferguson, modelo 3640, ano 1987, com aproximadamente 3.500 horas de uso, equipada com plataforma de corte rígida. A colhedora possui motor Perkins A6-358, com seis cilindros e 80,85 kW (110 cv) de potência nominal no motor a 2200 RPM. A tração traseira auxiliar, da marca Bertoldo, foi instalada pós-fabricação. Os rodados da colhedora são compostos por pneus de tração extra R2 (arrozeiros), com 23.1 26" de medidas dos pneus dianteiros e, 14.9 24" dos traseiros. O sistema de trilha é classificado como tangencial (convencional), por cilindro e côncavo de dentes com área de trilha igual a 5,78 m<sup>2</sup>, com ângulo de envolvimento de 106° e diâmetro do cilindro de 0,55 m. No batedor traseiro, a separação dos grãos é feita por meio de saca palhas de quatro unidades, com área de 4,05 m<sup>2</sup>. A área de separação possui um total de 3,63 m<sup>2</sup>, a área de limpeza possui um total de 3,10 m<sup>2</sup> entre as peneiras superiores e inferiores (MASSEY FERGUSON, 1987). Para a determinação das perdas, foi utilizado um retângulo confeccionado com madeiras e cordas, de dimensões de 3,9 m (13 pés) de comprimento por 1,025 m de largura. Esse retângulo possui cinco

---

<sup>2</sup> A citação de marca comercial não implica na sua recomendação pelo autor.

subdivisões, com áreas de 0,5 m<sup>2</sup>, 0,5 m<sup>2</sup>, 1,0 m<sup>2</sup>, 1,0 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup> respectivamente, totalizando 4,0 m<sup>2</sup>. O comprimento da estrutura corresponde ao tamanho da plataforma de corte da colhedora (Figura 1).

Figura 1 - Layout da estrutura de madeira e cordas utilizada para determinação de perdas na colheita mecanizada da soja.

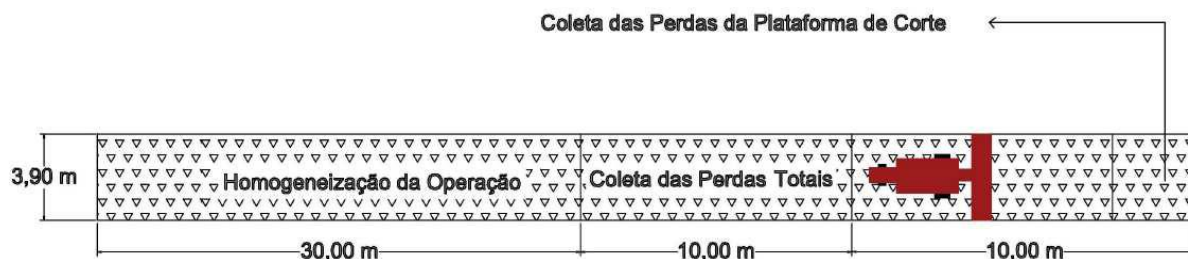


A umidade dos grãos foi monitorada com o medidor Motomco 919<sup>®</sup> C. Para o acondicionamento das amostras de grãos perdidos, foram utilizados copos plásticos com capacidade de 100 ml. As amostras para aferição da umidade foram acondicionadas em embalagens plásticas, com capacidade de 3,0 litros. Assim, foram empregados 320 copos e 10 embalagens plásticas. A pesagem dos grãos foi realizada com uma balança de precisão.

Foram coletados dados de produtividade, perdas Pré-colheita, perdas na plataforma de corte e perdas totais. Para determinação da produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), foram coletadas as plantas em 4 metros lineares da cultura, com quatro repetições. Após este processo, as plantas foram devidamente embaladas em sacos de rafia e debulhadas. Posteriormente, os grãos foram pesados a fim de determinar a produtividade no local. Na determinação das perdas, na Pré-colheita, foi tomado como amostra o espaçamento de duas entrelinhas em um comprimento de 5 metros, totalizando 4,5 m<sup>2</sup>, com 4 repetições em locais aleatórios do talhão.

Na determinação das perdas, na plataforma e nas perdas totais, foi utilizada uma estrutura em formato de retângulo, construído de sarrafos de madeira e cordas de nylon, conforme Figura 1. Para a determinação das perdas de grãos, na plataforma da colhedora, a operação da colheita foi interrompida para a máquina retroceder uma distância igual ao seu comprimento (PORTELLA, 2000). Desta forma, após percorrer 50 m da parcela, retrocedeu-se com a máquina o seu comprimento, a fim de coletar os grãos perdidos na plataforma de corte. Em seguida, esvaziou-se o sistema de trilha para então prosseguir o experimento para a próxima parcela. As perdas totais foram determinadas após a passagem completa da colhedora pela área experimental, entre 30 m e 40 m da parcela. Na Figura 2 pode-se visualizar o esquema descrito.

Figura 2- Representação para determinação de perdas na colheita mecanizada de soja; Perdas na Plataforma; Perdas Totais.



Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro velocidades de colheita e dois diferentes índices de molinete, resultando nos tratamentos apresentados na Tabela 1.

Tabela 5 – Combinação dos fatores para formação dos tratamentos que compuseram o experimento principal.

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Índice de molinete (IM)	
	1,0	1,2
3,0	T1	T2
5,0	T3	T4
7,0	T5	T6
9,0	T7	T8

As demais regulagens na colhedora foram mantidas fixas, abertura de peneiras em 50%, côncavo com abertura em 2, em relação à variação da escala de 0 a 10 da regulagem, o ventilador com uma abertura de 40% e, o cilindro com 850 rpm.

Os dados foram submetidos a análise de normalidade e homogeneidade das variâncias, através dos testes de Kolmogorov - Smirnov e Bartlett, respectivamente. Posteriormente, procedeu-se para a análise da variância com o intuito de verificar diferenças e/ou interações entre as médias dos tratamentos. Quando observadas diferenças significativas na análise de variância, procedeu-se a análise complementar dos experimentos, por meio do teste de Tukey, aos níveis de 1,0% e 5,0% de probabilidade de erro, com auxílio do *Software Agro Estat 1.1.1*®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PRODUTIVIDADE E PERDAS PRÉ-COLHEITA

A produtividade média observada na área do experimento foi de 2490 quilos por hectare ou de 41,5 sacas por hectare, conforme é apresentado na Tabela 2, em um talhão uniforme e com alta densidade de plantas. A média das perdas na Pré-colheita foi de 0,7 kg ha<sup>-1</sup> ou 0,028% das perdas totais, não apresentaram valores significativos, de acordo com Portella (2000), as perdas na pré-colheita podem chegar a 5% das perdas totais. Ainda em relação às perdas em Pré-colheita, de acordo com a Embrapa (2002), cerca de 3,0% das perdas totais pode ocorrer por debulha natural ou deiscência dos legumes.

Tabela 2- Produtividade e perdas na Pré-colheita, em Alegrete, RS, 2018.

Amostra	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Perdas na Pré-colheita (kg ha <sup>-1</sup> )
1	2418	0,6
2	2436	0,5
3	2838	0,9
4	2262	0,8
Média ± DP*	2490 ± 212,4	0,7 ± 0,16

\*DP: Desvio padrão da média amostral.

Os valores médios de umidade do grão encontrados, oscilaram entre 13,6% e 13,8%. Os pesquisadores Heiffing e Câmara (2007), Loureiro Jr. et al. (2014) e Mendes (2014), indicam que a soja colhida, com umidade entre 12% e 15%, tem minimizado os problemas de danos mecânicos e perdas na colheita. Ainda em relação ao ponto de colheita, a John Deere (2004) aponta que a cultura deve estar pronta para trilhar, quando o teor de umidade não for muito alto e a palha não se encontrar verde. Essas condições, coincidem com as encontradas no momento da execução deste experimento. Contudo, vale mencionar que com uma umidade excessivamente baixa, no momento da colheita, a deiscência dos legumes ocorre de forma natural e o impacto das partes móveis da colhedora com as plantas, acaba aumentando a perda de grãos, que é chamado de impacto induzido. Para Mendes (2014), quando a lavoura é destinada à produção de grãos, quanto mais baixa for a umidade dos grãos na lavoura, maior poderá ser a deiscência, havendo ainda casos de reduções acentuadas na qualidade do produto.

#### 3.2 TAMANHO DE AMOSTRA

Nos próximos tópicos serão apresentados as interações entre os tratamentos (combinação de velocidade de deslocamento e índice de molinete) e os tamanhos de amostras.

##### 3.2.1 TAMANHO DE AMOSTRA PARA PERDAS NA PLATAFORMA DE CORTE

É importante destacar que o método utilizado para comparar os tamanhos de amostra é apenas um dos muitos que têm esta finalidade. Este método pôde ser empregado devido aos resultados apresentarem homogeneidade de variâncias, indicando que pertencem à uma mesma população de dados amostrais.

Foi possível observar que independente da velocidade analisada, não houve diferença

significativa entre os tamanhos de amostra de 2,0 m<sup>2</sup>, 3,0 m<sup>2</sup> e 4,0 m<sup>2</sup> (Tabela 3). Dessa forma, partindo do pressuposto que quanto maior o tamanho da amostra, maior a proximidade com as condições reais, para as condições estudadas, é possível recomendar o uso do tamanho da amostra de 2,0 m<sup>2</sup>, uma vez que torna o processo mais ágil, sem interferência negativa nas mensurações. A aceleração da avaliação apresenta relação direta com o tamanho amostral e especialmente na cultura do arroz irrigado, é imprescindível otimizar o tempo de avaliação para determinação de perdas, reduzindo o trabalho (BISOGNIN, 2015).

De encontro ao evidenciado, em estudo desenvolvido por Loureiro Jr. et al. (2014), não houve diferenças na quantificação das perdas com tamanhos de amostra de 1,0 m<sup>2</sup>, 2,0 m<sup>2</sup> e 3,0 m<sup>2</sup>, sendo recomendando pelos autores, então, o uso de 1,0 m<sup>2</sup>, devido à maior conveniência na amostragem, apesar de não ter encontrado diferença significativa neste estudo ao analisar as médias nota-se que as perdas aumentaram linearmente com os tamanhos de amostra de 1,0 m<sup>2</sup>, 2,0 m<sup>2</sup> e 3,0 m<sup>2</sup> com as respectivas perdas 116,8, 119,1 e 121,7 kg ha<sup>-1</sup>, comprovando a necessidade de outras pesquisas.

Tabela 3 - Desdobramento das interações entre velocidade de colheita e tamanho de amostra para perdas na plataforma de corte. Alegrete, RS, 2018.

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Tamanho de amostra (m <sup>2</sup> )					
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	Média
	kg ha <sup>-1</sup>					
3,0	43,2 Bc*	44,5 Bc	53,3 Ab	53,5 Ab	54,7 Ab	49,9 c
5,0	45,8 Bc	45,7 Bc	55,2 Ab	53,0 Ab	55,3 Ab	51,0 c
7,0	57,2 ABb	59,0 Ab	57,3 ABb	54,7 Bb	58,0 ABb	57,3 b
9,0	84,0 Aa	84,2 Aa	85,1 Aa	85,0 Aa	84,1 Aa	84,5 a
Média	57,6 B	58,4 B	62,7 A	61,5 A	63,0 A	

\*Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade de erro. DMS: Diferença mínima significativa (4,0 na coluna e 3,8 na linha).

Os resultados evidenciados validam a metodologia da Embrapa (2011), comumente denominada de método do copo medidor. Esse, recomenda um tamanho de amostra de 2,0 m<sup>2</sup>, que considera a largura da plataforma de corte, e o uso de uma armação de madeira e cordas. Além disso, os grãos coletados, nessa área, são colocados em um copo volumétrico que mensura as perdas em quilogramas por hectare. Entretanto, Câmara et al., (2007) utilizaram uma armação de 3,0 m<sup>2</sup>, e encontraram perdas 62% maiores em relação à armação de 2,0 m<sup>2</sup>, o que contradiz o encontrado. Também foi observado que, nos tamanhos de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup>, relacionados com as velocidades de 3,0 km h<sup>-1</sup> e 5,0 km h<sup>-1</sup>, ocorreu subestimação das perdas de grãos, ou seja, nas velocidades mais baixas, houve a tendência de minimizar as perdas.

Ainda conforme a Tabela 3, nas velocidades de 7,0 km h<sup>-1</sup> e 9,0 km h<sup>-1</sup>, as perdas não

diferiram significativamente com a variação dos tamanhos de amostra, indicando, portanto, a possibilidade de nessas velocidades, ser utilizada a amostragem de menor tamanho (0,5 m<sup>2</sup>). Resultados semelhantes foram evidenciados por Lazzarotto (2015) ao avaliar 5 diferentes tamanhos de amostras e concluir que a menor área amostral (1,0 m<sup>2</sup>) apresentou-se estatisticamente igual a maior amostra (5 m<sup>2</sup>) e, portanto, mais indicada para otimizar o processo de análise de perdas.

Ao analisar exclusivamente as perdas em função da velocidade, independentemente do tamanho da amostra, foi observado um aumento linear das perdas com o acréscimo da velocidade, acentuando-se nas velocidades maiores, especialmente em 9 km h<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados por Nunes (2016), o qual aponta que, para uma menor perda de grãos no momento da colheita, deve-se usar as velocidades de trabalho entre 4 e 5 km h<sup>-1</sup>.

### 3.2.2 TAMANHO DE AMOSTRA PARA PERDAS NOS MECANISMOS INTERNOS

Não houve efeito no tratamento de tamanho de amostra, sobre as perdas nos mecanismos internos, nem interações com os demais tratamentos, de acordo com as médias demonstradas na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias de perdas nos mecanismos internos com relação ao tamanho de amostra.

	Tamanho de Amostra (m <sup>2</sup> )				
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
	<b>Kg ha<sup>-1</sup></b>				
Média	41,6 a	41,4 a	41,6 a	41, a	41,2 a

\*Médias não seguidas da mesma letra, diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. DMS: Diferença mínima significativa (1,4).

### 3.2.3 TAMANHO DE AMOSTRA PARA PERDAS TOTAIS

Foi observado, na interação entre velocidade de deslocamento e tamanho de amostra (Tabela 5), que os tamanhos de amostra de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup>, diferiram dos demais e, minimizaram as perdas de grãos. Os tamanhos de 2,0 m<sup>2</sup>, 3,0 m<sup>2</sup> e 4,0 m<sup>2</sup>, não diferiram entre si em razão do tempo que seria recomendado o uso de 2,0 m<sup>2</sup>, para determinar as perdas de grãos. De acordo com Câmara et al. (2007), quanto menor a área de amostragem, maior é o coeficiente de variação. Muitas vezes encontrando resultados que não condizem com a realidade. Com relação à velocidade de deslocamento, a perda de grãos cresceu linearmente com a mesma.

Ao analisar a Tabela 5 nota-se que a velocidade de deslocamento teve influência sobre o tamanho de amostra. Os tamanhos de amostra de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup> relacionados com as velocidades de deslocamento de 3 km h<sup>-1</sup> e 5 km h<sup>-1</sup> é observado que as médias diferiram significativamente dos demais tamanhos de amostra, e os valores são menores que os de 4 m<sup>2</sup> fato que evidencia que as perdas foram subestimadas. Entretanto os mesmos tamanhos de amostra relacionados com as velocidades de 7 km h<sup>-1</sup> e 9 km h<sup>-1</sup> os tamanhos de amostra não diferem, podendo ser utilizado qualquer um dos tamanhos de amostra para essas velocidades. Contradizendo o estudo realizado por Bandeira (2017), o mesmo utilizou três velocidades de deslocamento (3,5 km h<sup>-1</sup>; 4,5 km h<sup>-1</sup> e 5,5 km h<sup>-1</sup>) e dois tamanhos de amostra (2,0 m<sup>2</sup> e 4,0 m<sup>2</sup>), as áreas não apresentaram diferença

significativa, não houve efeito da velocidade sobre o tamanho de amostra, com relação a velocidade de deslocamento as perdas aumentaram gradualmente com o acréscimo da mesma.

Tabela 5 - Interação entre velocidade descolamento e tamanho de amostra para as perdas totais. Alegrete, RS, 2018.

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Tamanho de Amostra (m <sup>2</sup> )					Média
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	
	<b>Kg ha<sup>-1</sup></b>					
3,0	81,2 Bd*	83,6 Bc	90,7 Ad	90,8 Ac	92,3 Ac	87,7 d
5,0	85,1 Bc	85,3 Bc	95,1 Ac	93,6 Ac	93,7 Ac	90,6 c
7,0	102,0 Ac	102,9 Ab	102,4 Ab	99,8 Ab	103,3 Ab	102,1 b
9,0	128,5 Aa	127,2 Aa	129,1 Aa	128,2 Aa	127,6 Aa	128,1 a
Média	99,2 B	99,7 B	103,1 A	104,2 A	104,3 A	

\*Médias não seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade de erro. DMS: Diferença mínima significativa (3,8 na coluna e 3,6 na linha).

Na Tabela 6 é apresentado a interação entre tamanho de amostra e índice de molinete. Nota-se que o índice de molinete de 1,0 relacionado com os tamanhos de amostra subestimou as perdas em relação ao índice de molinete de 1,2.

Tabela 6 - Interação entre os índices de molinete e o tamanho de amostra para as perdas totais. Alegrete, RS, 2018.

Índice de Molinete	Tamanho de Amostra (m <sup>2</sup> )					Média
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>					
1,0	93,5 Bb*	94,9 Bb	98,4 Aa	99,1 Ab	99,9 Ab	97,1 b
1,2	104,9 Ca	104,6 Ca	110,3 BCb	107,1 ABa	108,6 Aa	107,1 a
Média	99,2 B	99,7 B	103,1 A	104,2 A	104,3 A	

\*Médias não seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade de erro. DMS: Diferença mínima significativa (1,8 na coluna e 2,5 na linha).

Com relação ao tamanho de amostra, no IM 1,0, seguiu a mesma tendência, os tamanhos de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup> subestimaram as perdas de grãos e, os tamanhos de 2,0 m<sup>2</sup>, 3,0 m<sup>2</sup> e 4,0 m<sup>2</sup>, não difiram entre si. Com isso, é recomendado o de 2,0 m<sup>2</sup>, por uma questão de tempo, para estimar as perdas de grãos na colheita mecanizada da soja. Entretanto, no IM de 1,2, os tamanhos de amostra de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup> diferiram dos de 3,0 m<sup>2</sup> e 4,0 m<sup>2</sup>. Os tamanhos de amostra de 0,5 m<sup>2</sup>, 1,0 m<sup>2</sup> e 2,0 m<sup>2</sup> não diferem entre si, assim como os de 2,0 m<sup>2</sup> e 3,0 m<sup>2</sup>.

Em experimento realizado por Sanseverino (2016), o autor concluiu que a área amostral de 4 m<sup>2</sup> foi a melhor opção, visto que apresenta um menor coeficiente de variação em relação às áreas de 2 m<sup>2</sup> e 3 m<sup>2</sup>. Isso faz com que a confiabilidade das perdas totais esteja mais próxima ao real previsto.

Nos tamanhos de 0,5 m<sup>2</sup> e 1,0 m<sup>2</sup>, as perdas de grãos foram minimizadas para os dois índices de molinete. Em relação ao índice de molinete de 1,2, foram ainda mais subestimadas, o que fica evidente ao interpretar a Tabela 6. Muitas vezes, o descaso no monitoramento e a



estimativa das perdas, motiva os produtores a acreditar que as mesmas não condizem com o uso inadequado da colhedora, e sim com fatores relacionados com a cultura. Para Mesquita et al., (2006), as perdas no campo e na qualidade dos grãos e das sementes, durante a colheita, permanecem como um dos problemas mais graves na produção da soja, subestimadas e observadas mais como inerentes à cultura do que como consequências de manejo incorreto derivado das colhedoras.

#### 4 CONCLUSÃO

Na plataforma de corte, a velocidade de deslocamento influenciou no tamanho de amostra. No entanto, nos mecanismos internos, não houve diferença significativa para ambos tratamentos, índice de molinete e velocidade de deslocamento, e nas perdas totais, ocorre o oposto, tanto a velocidade de deslocamento e o índice de molinete causaram interferência no tamanho de amostra.

De maneira geral é recomendado o uso do tamanho de amostra de 2 m<sup>2</sup>, validando o método recomendado pela EMBRAPA (2011). Entretanto nas velocidades mais altas (7,0 e 9,0 km h<sup>-1</sup>) por não haver diferença significativa, pode ser utilizado qualquer tamanho de amostra, ou seja, recomendado 0,5 m<sup>2</sup> em virtude de economia de tempo.

#### REFERÊNCIAS

- ALONÇO, A. dos S. Totalmente inacessível. **Revista Cultivar Máquinas**. Pelotas: Ceres, ano 1, n. 3, p.34-35. mai./jun. 2001.
- BANDEIRA, G. J. **Perdas na colheita da soja em diferentes velocidades de deslocamento da colhedora**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia). Universidade Federal Da Fronteira Sul. Cerro Largo 2017, 27 f.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307 p.
- BISOGNIN, P. B. **Perdas quali-quantitativas e tamanho de amostra na colheita do arroz irrigado em função da velocidade de deslocamento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola). Univesidade Federal do Pampa Campus Alegrete / Intituto Federal Farroupilha Campus Alegrete. 2015, 69 f.
- BRAGACHINI, M.; BONETTO, L. A. **Cosecha de Trigo equipamento, regulación y puesta a punto de la consehedora, evaluación de pérdidas**. Manfredi: INTA - EEAManfredi: INTA - EEAManfredi. Cuaderno de Actualización Técnica 6, 1990. 60 p.
- CÂMARA, F. T. da; SILVA, R. P. da.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N. dos. Influência da área de amostragem na determinação de perdas totais na colheita da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 909-913, mai./jun., 2007.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, L. A. A.; KIIHK, R. A. S.; OLIVEIRA, M. D.; HIROMOTO, D. M.; TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193, fev. 2003.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Grãos: Dezembro 2017**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 27 ago 2019.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Grãos: Agosto 2019**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em 27 ago 2019.

CUNHA, J.P.A.R.; ZANDBERGEN, H.P. Perdas na colheita mecanizada da soja na região do triângulo mineiro e Alto Paranaíba, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.4, p.61-66, out./dez. 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja- Região central do Brasil 2001/2002**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Londrina: EMBRAPA SOJA, p. 267, 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Soluções Tecnológicas. **Metodologia evita desperdício na colheita de soja**, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/93/copo-medidor-para-a-determinacao-da-perda-e-do-desperdicio-de-graos-na-colheita-mecanizada-de-soja>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

HEIFFING, L. S; CÂMARA, G. M. de S. **Soja: colheita e perdas**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 37 p.

INOUNE, L. Agromove. Cultura da soja e sua importância na atualidade Disponível em: <<https://blog.agromove.com.br/cultura-soja-importancia-na-atualidade/>> Acesso: 22 de ago. de 2019.

IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. **Irga divulga estimativa de plantio na Safra 2017/2018**. Disponível em: < <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/7173/intencao-para-a-safra-2017/2018-e-de-1,078-milhao-de-hectares-no-rs> >. Acesso em: 27 de ago. 2019.

JOHN DEERE. **Manual do operador colheitadeiras Brasileiras 9650 STS e 9750 STS**.: 4. ed. DEERE & COMPANY, 2004. 602p.

LAZZAROTTO, M. A. **Tamanho amostral para determinação na perda da colheita de soja**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia). Universidade Federal Da Fronteira Sul. Erechim 2015, 19 f.

LOUREIRO JR., A. M; SILVA, R. P. da; CASSIA, M. T; COMPAGNON, A. M; VOLTARELI, M. A. Influence of the sample area in the variability of losses in the mechanical harvesting of soybeans. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 76-85, 2014.

MASSEY FERGUSON. **Manual do Operador Colheitadeiras MF 1630 - MF 3640 - MF 5650**. 7. ed. Canoas: Massey Ferguson, 1987. 150 p.

MENDES, R. Sujicultos: As principais características da lavoura de soja. **Revista Rural**. Outubro de 2014. Disponível em: <<http://www.revistarural.com.br/edicoes/item/5939-sujicultor-as-principais-caracter%C3%ADsticas-da-lavoura-de-soja>> Acesso em: 31 de outubro de 2018.

MESQUITA, C. M.; HANNA, M. A.; COSTA, N. P. Crop and harvesting operation characteristics affecting field losses and physical qualities of soybeans – Part I. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, p. 325-333, 2006.

NUNES J. L. da S. **Colheita**. Setembro de 2016. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/colheita\\_361522.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/colheita_361522.html). Acesso em; 02 set 2019.

PORTELLA. J. A. **Colheita de Grãos Mecanizada**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 190 p.

ROCHA F. V. da.; BARTHOLOMEU D. B.; PERA T. G.; PATURCA E. Y.; AVILEIS F. G.; ELIAS M. B.; CAIXETA FILHO J. V. Toneladas perdidas. **Cultivar Máquinas**, v. 15, p. 13 - 15, Maio 2015.

ROOS, S. **Cultivar Brasmax PONTA IPRO**. Disponível em: <<http://sementesroos.com.br/cultivar/brasmax-ponta-ipro/>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

SANSEVERINO, D.B; MAGRO, T.A; TANAKA, M.E; TEDESCO, D.O; RONBAUER, Z.T. **Área Amostral Para Avaliação Das Perdas Totais Na Colheita De Soja**. Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio. Jales SP, 6 a 8 de outubro de 2016.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Estudo mensura custos do desperdício de grãos no país**. Setembro de 2017. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/estudo-mensura-custos-do-desperdicio-de-graos-no-pais/>> Acesso em 02.set. 2019.

## CARACTERIZAÇÃO DA SEMEADURA MECANIZADA DE SOJA NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

### *Characterization of mechanized sowing in soya in the west border of Rio Grande do Sul*

Luana Freitas Knierim<sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>2</sup>, Rômulo Bock<sup>3</sup>, Tiago Golçalves<sup>4</sup> Lopes<sup>5</sup>  
, Gessiele Possebom<sup>6</sup>, Vilnei de Oliveira Dias<sup>7</sup>, Luciano Toscani Santi<sup>8</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105900,

Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil. [luanaknierim@gmail.com](mailto:luanaknierim@gmail.com),

[airtonalonco@gmail.com](mailto:airtonalonco@gmail.com), [romulobock1994@gmail.com](mailto:romulobock1994@gmail.com),

[tiagoglopes@yahoo.com](mailto:tiagoglopes@yahoo.com), [gessielip@hotmail.com](mailto:gessielip@hotmail.com)

<sup>7, 8</sup> Universidade Federal do Pampa, Av. Tiarajú nº 810, CEP 97546-550, Alegrete –  
Rio Grande do Sul, Brasil. [vilneidias@gmail.com](mailto:vilneidias@gmail.com), [lucsanti@gmail.com](mailto:lucsanti@gmail.com)

### RESUMO

A uniformidade e a precisão da distribuição de sementes é um dos componentes indispensáveis no estabelecimento da cultura de soja. Por esse motivo, objetivou-se neste trabalho, diagnosticar a qualidade da semeadura mecanizada de soja em propriedades rurais da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Para tal, aferiu-se os espaçamentos entre plantas em lavouras destinadas a cultura e, além disso, foi realizado questionários ao produtor, com questões referentes ao processo de semeadura. A amostragem foi realizada em 50 lavouras, onde foram coletados os espaçamentos de quatro subamostras de 40 plantas, totalizando 160 plantas para cada conjunto trator/semeadora. A partir da análise dos dados, observou-se a grande utilização do sistema de plantio direto e dos dosadores pneumáticos e disco alveolado, mais indicados para a cultura. A partir de um paralelo entre a densidade de semeadura e a população de plantas alcançada, pode-se estimar a redução de estande em mais de 50% em algumas propriedades. Em se tratando da potência específica, é visível a subutilização dos tratores. A velocidade não teve interferência nos espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L. Regularidade de distribuição de plantas. Velocidade de semeadura.

### ABSTRACT

The uniformity and precision of seed distribution is one of the indispensable components in the establishment of soybean crop. For this reason, the objective of this study was to diagnose the quality of mechanized sowing of soybean in rural properties of the Western Frontier of Rio Grande do Sul. To this end, the spacing between plants in crops intended for cultivation and, in addition,

questionnaires were made to the producer, with questions regarding the sowing process. Sampling was performed in 50 crops, where the spacings of four subsamples of 40 plants were collected, totaling 160 plants for each tractor / seeder set. From the data analysis, it was observed the great use of the no-till system and the pneumatic feeders and honeycomb, more suitable for the culture. From a parallel between the sowing density and the reached plant population, it is possible to estimate the stand reduction in more than 50% in some properties. Regarding the specific power, the underuse of tractors is visible. The speed did not interfere with acceptable double and fault spacings.

**Keywords:** *Glycine max L.* Regularity of plant distribution. Sowing Speed.

## 1 INTRODUÇÃO

Visto como um dos grãos mais importantes, tanto em valor econômico quanto em importância social, a soja (*Glycine max, L.*) é o grão mais produzido no mundo, com volume superior a 362 milhões de toneladas ao ano e área plantada de aproximadamente 125 milhões de hectares (EMBRAPA, 2019). O Brasil detém o segundo lugar entre os países com as maiores produções desse grão, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. O estado do Rio Grande do Sul possui a terceira maior produção de soja do país, com cerca de 19 milhões de toneladas ao ano, superado apenas pelos estados do Mato Grosso e do Paraná.

Os principais municípios produtores do Rio Grande do Sul encontram-se no norte e noroeste do estado. No entanto, outras regiões estão ganhando destaque na produção de soja nos últimos anos, como é o caso da Fronteira Oeste. A Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul é conhecida nacionalmente quando o assunto é o arroz irrigado. Porém, com o passar dos anos e a desvalorização do grão, os produtores iniciaram o processo de implantação da cultura de soja.

A agricultura de precisão é a prática de interferência, que tem como objetivo estabelecer condições ideais as espécies cultivadas, por esse motivo, o sucesso na implantação da cultura é consequência de uma semeadura realizada dentro dos mais elevados padrões de qualidade e precisão. Conforme Pinheiro Neto et al. (2008), a uniformidade de distribuição das plantas pode influenciar diretamente na produtividade das culturas, visto que espaçamentos desuniformes impossibilitam o aproveitamento dos recursos disponíveis, como água, luz e nutrientes. Para Furlani et al. (2005), grandes distâncias entre plantas, além de proporcionar o desenvolvimento de plantas de menor porte, facilitam o desenvolvimento de plantas daninhas, e por outro lado, o acúmulo de plantas pode provocar o desenvolvimento de plantas mais altas, com diâmetro da haste reduzida e, portanto, mais propensas ao acamamento.

Em um dos seus trabalhos, Dias et al. (2009), constatou que o aumento da velocidade de deslocamento no momento da semeadura causou uma elevação significativa no percentual de espaçamentos duplos e, o número de aceitáveis, foi menor na maior velocidade. Ao estudar a influência da velocidade de semeadura nos espaçamentos múltiplos e aceitáveis, Jasper et al. (2011), verificou que a distribuição das sementes pelo sistema alveolado horizontal não foi afetada. Tratando-se de manejo do solo, Bortolotto et al. (2005), verificou que a velocidade não sofreu interferência da cobertura do solo.

O aumento da produtividade das culturas é objetivo comum entre produtores e pesquisadores. Desta forma, o estabelecimento de um estande de plantas uniformemente distribuídas na linha de semeadura é um fator essencial para que a meta buscada seja alcançada. Por esse motivo, o objetivo desse trabalho foi diagnosticar a qualidade do processo de semeadura

e a regularidade de distribuição de plantas de soja em propriedades rurais da região da Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, a fim de verificar a precisão da operação. E, além disso, verificar quais os principais tipos de mecanismos dosadores utilizados para a semeadura na região e se há correlação entre a qualidade do estande de plantas e o mecanismo dosador utilizado, diagnosticar quais as velocidades de deslocamento estão sendo utilizadas para a semeadura da soja e correlacionar os resultados com a regularidade de distribuição e ainda, verificar a demanda energética na semeadura da soja através da relação entre potência dos tratores e número de linhas das semeadoras utilizadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da precisão do processo de semeadura mecanizada de soja na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul se deu a partir da coleta de dados referentes aos espaçamentos entre plantas de soja, bem como, a aplicação de um questionário aos produtores e/ou responsáveis pelas propriedades rurais visitadas. Os questionários eram compostos por perguntas referentes às máquinas e manejo utilizados na semeadura de soja, tais como: marca, modelo, ano e potência do trator e, velocidades de deslocamento, sistema de cultivo, estande esperado de plantas e sistema dosador de sementes.

Os espaçamentos entre plantas foram aferidos em quatro subamostras de 40 plantas, totalizando 160 plantas por propriedade (DIAS, 2012). Os dados foram anotados em um quadro com até 160 espaçamentos e anexados ao questionário de cada propriedade. A análise final dos resultados foi realizada através do software Microsoft Excel®, onde as categorias de informações foram analisadas individualmente e, por fim, foram gerados gráficos e tabelas para o melhor entendimento dos resultados. A classificação dos tratores quanto à potência foi de acordo com as classes determinadas pela ANFAVEA (2016) e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação ANFAVEA dos tratores quanto à potência.

Classe	Potência (kW)	Potência (cv)
I	até 36	até 49
II	de 36 a 73	de 49 a 99
III	de 74 a 147	de 101 a 200
III	acima de 147	acima de 200

Fonte: ANFAVEA, 2016.

### 2.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA AMOSTRAGEM

A pesquisa abrangeu municípios da região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul (Figura 1), sendo eles: Alegrete, Itaqui, Manoel Viana, Rosário do Sul e Uruguaiana, nos períodos que compreenderam as safras de 2017 e 2018. O diagnóstico da distribuição de plantas de soja contou com uma amostragem de 50 propriedades, sendo 20 no primeiro ano (2017) e 30 no segundo ano (2018). Os produtores mostraram-se receptivos ao questionário, mostrando também, interesse nos resultados da pesquisa.

Figura 1 - Mapa de abrangência da amostragem.



Fonte: Autor.

## 2.2 METODOLOGIA DE COLETA DOS DADOS

As linhas de semeadura onde foram coletados os dados das distâncias entre plantas foram escolhidas aleatoriamente na lavoura. Uma trena de 50 metros foi disposta ao lado da linha de semeadura e, então, fez-se a leitura dos espaçamentos entre plantas (Figura 2). Foram escolhidas quatro linhas de semeadura na lavoura, onde, em cada linha, são coletados os dados de espaçamentos de 40 plantas, tendo ao fim, o total de espaçamentos de 160 plantas em cada propriedade.

Figura 2 - Amostragem e leitura dos espaçamentos entre plantas de soja.

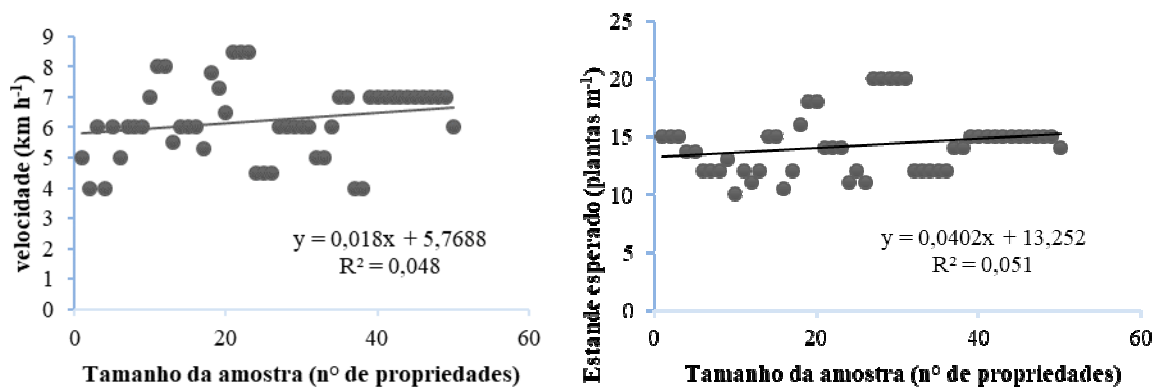


Fonte: Autor.

## 2.3 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

A pesquisa contou com uma amostra de 50 propriedades, às quais foram analisadas individual e agrupadamente. A determinação do tamanho da amostra foi realizada através do uso da estatística descritiva, onde houve a escolha de duas variáveis resposta pertencentes ao questionário. Foram utilizados os seguintes itens: velocidade de deslocamento e estande de plantas esperado (Figura 3).

Figura 3 - Análise do tamanho de amostra: velocidade de semeadura ( $\text{km h}^{-1}$ ) e estande esperado de plantas ( $\text{plantas m}^{-1}$ ).



Fonte: Autor.

Ao observar as figuras, percebe-se a tendência linear dos dados, ou seja, não apresentam variações significativas em função de aumentos no tamanho da amostra. Desta forma, não há tendência nas variáveis resposta em função do tamanho da amostra, denotando que não há a necessidade de ampliar a quantidade de propriedades amostradas.

## 2.4 ANÁLISE DA REGULARIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE PLANTAS

A uniformidade de distribuição longitudinal de plantas foi avaliada de acordo com a norma ISO 7256/1 (ISO, 1984), pelo percentual de espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos. A relação é citada como XREF (espaçamento referência), de acordo com a regulação da semeadora e XI (espaçamento real das plantas nas linhas de semeadura). Deste modo, os espaçamentos entre plantas foram classificados como aceitáveis ( $0,5 \text{ XREF} < \text{XI} < 1,5 \text{ XREF}$ ), duplos ( $\text{XI} < 0,5 \text{ XREF}$ ) e falhos ( $\text{XI} > 1,5 \text{ XREF}$ ).

Os dados foram analisados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel<sup>®</sup>, respeitando os conceitos da estatística descritiva, onde são gerados gráficos e tabelas para facilitar a explanação dos resultados. A partir dos gráficos foi realizada a análise de correlação entre a regularidade de distribuição de plantas e os mecanismos dosadores de sementes, entre a velocidade de deslocamento da semeadora e, ainda, em relação ao  $\text{cv linha}^{-1}$ .

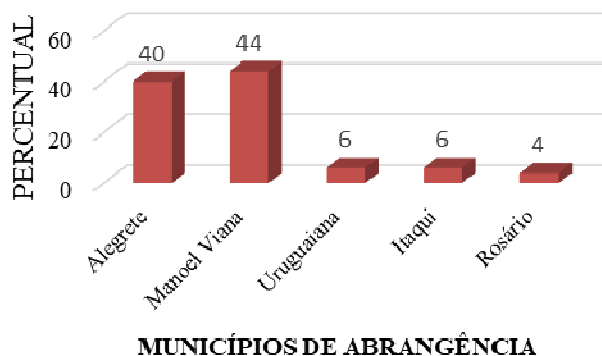
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à representatividade dos municípios estudados (Figura 4), verificou-se que mais de 80% das amostragens foram feitas nos municípios de Alegrete e Manoel Viana. A baixa



representatividade dos outros municípios deve-se ao fato da necessidade de um maior deslocamento até as propriedades rurais, dificultando a pesquisa.

Figura 4 - Municípios de abrangência da amostragem, referente as safras 2017 e 2018.



Fonte: Autor.

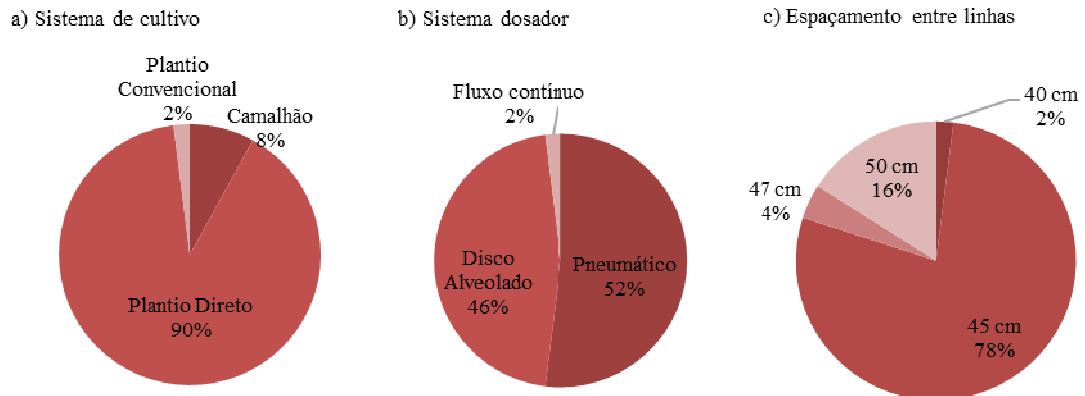
### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO CULTIVO DA SOJA NA FRONTEIRA OESTE

Tratando-se do sistema de cultivo, 90% das lavouras visitadas fazem o uso do sistema plantio direto e apenas 2% do sistema convencional. Este fato se deve a expansão do sistema plantio direto, como alternativa aos manejos convencionais do solo, devido às suas vantagens econômicas e ambientais (BORTOLOTTO et al., 2005). O uso de camalhões, mais indicado para áreas facilmente alagáveis, está presente em 8% das lavouras amostradas (Figura 5a).

Em relação a região amostrada, 52% das semeadoras contam com mecanismos dosadores de sementes pneumáticos, 46% representam dosadores por disco alveolado horizontal e, mesmo não sendo recomendado para a cultura da soja, 2% das semeadoras empregavam dosadores de fluxo contínuo, indicados para grãos miúdos. Isto se deve ao fato da soja ser cultivada apenas por questão de oportunidade nessas propriedades (Figura 5b). Os mecanismos dosadores de precisão são os mais indicados para a cultura da soja, isso porque, segundo Portella (1997), esses mecanismos contam com um eficiente processo de individualização das sementes contidas em um reservatório, sem danificá-las e distribuindo-as uniformemente no sulco de semeadura. Para a obtenção de uma maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada, os espaçamentos entre as linhas podem ser manipulados, com a finalidade de estabelecer o arranjo mais adequado de plantas (TOURINO et al., 2002). Desta forma, o espaçamento entre linhas está diretamente relacionado às máquinas que são utilizadas para a condução da cultura

Na região analisada, o espaçamento de 45 cm é o mais utilizado, representando 78% do total, seguido do espaçamento de 50 cm, com 16%. Outros dois espaçamentos ainda são utilizados, 40 e 47 cm, representando 4 e 2%, respectivamente (Figura 5c).

Figura 5 - Resposta dos produtores ao questionário, com relação ao sistema de cultivo (a), sistema dosador de sementes (b) e espaçamento entre linhas (c), nas safras de 2017 e 2018.



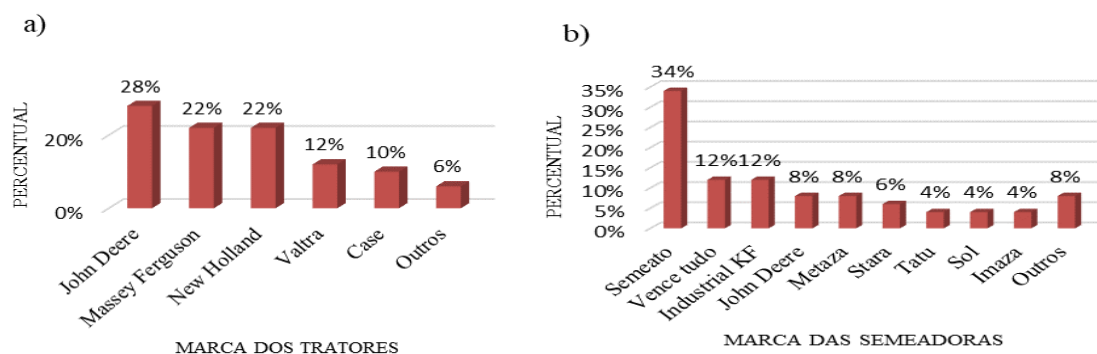
Fonte: Autor.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DAS MÁQUINAS

Pode-se perceber a grande variação das marcas utilizadas no processo de semeadura. No entanto, tratando-se de tratores, as marcas John Deere, Massey Ferguson e New Holland representam mais de 70% do total, seguidos da Valtra e Case, com 12% e 10% respectivamente. Há ainda outras marcas de tratores, como a Ford, Valmet e Agrale, que juntas, somam apenas 6% dos dados amostrados (Figura 6a).

Em relação às semeadoras utilizadas na semeadura nas lavouras visitadas, pode ser visualizada a grande utilização de semeadoras da marca Semeato, somando 34% do total. As marcas Vence Tudo e Industrial KF representam 12% cada, seguidas das marcas John Deere e Metaza, com 8% cada. Outras marcas de semeadoras também foram visualizadas na região amostrada, como: Stara, Tatu, Sol, Imaza, Sfil, Kuhn e Valtra (Figura 8b). O que chama mais atenção é a maior importância dada aos tratores, pelo fato de serem de marcas de multinacionais, com uma maior tecnologia embarcada.

Figura 6 - Representatividade das marcas de tratores (a) e semeadoras (b), utilizadas no processo de semeadura, nas safras de 2017 e 2018.



Fonte: Autor.

Entre os tratores utilizados para as atividades de semeadura na região amostrada, 70% fazem parte da classe III, enquanto 18% e 12% estão nas classes II e IV, respectivamente. Não houve registro de tratores com menos de 36 kW de potência. Este fato está relacionado ao esforço requerido pelas máquinas em solo não preparado, que seja capaz de cortar resíduos culturais e abrir sulcos para a deposição das sementes, como é o caso do sistema plantio direto (Tabela 2).

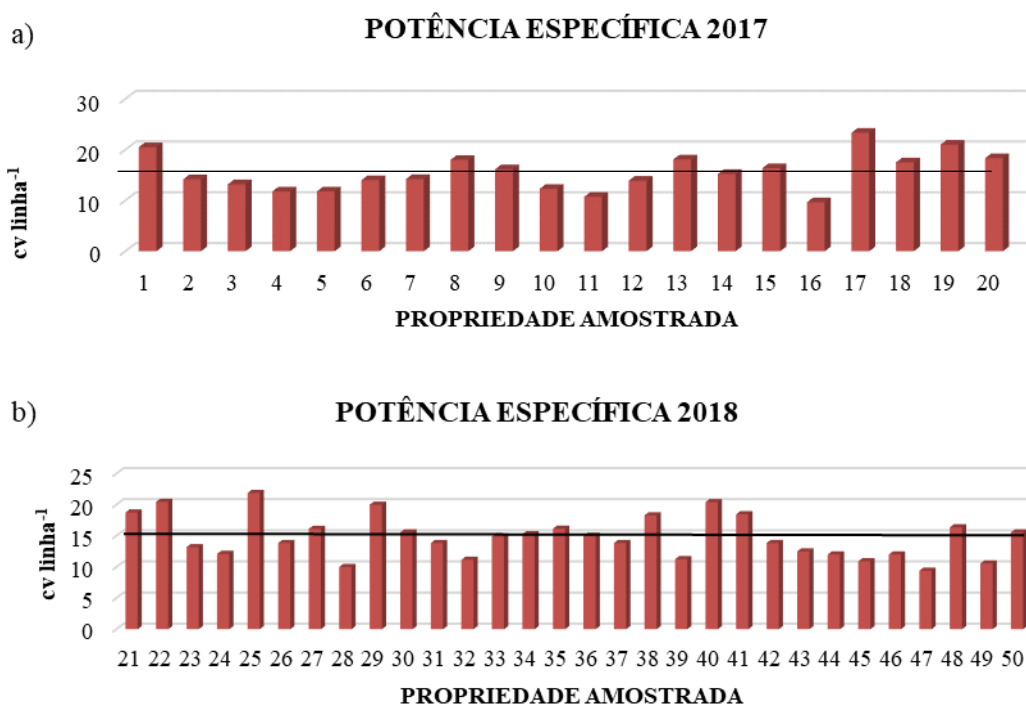
Tabela 2 - Classes dos tratores, em relação a potência, na região amostrada, nas safras de 2017 e 2018.

CLASSE	POTÊNCIA (kW)	POTÊNCIA (cv)	TOTAL	%
I	até 36	Até 49	0	0
II	de 36 a 73	de 49 a 99	6	12
III	de 74 a 147	de 100 a 200	35	70
IV	acima de 147	acima de 200	9	18

Fonte: Autor.

De acordo com as recomendações dos fabricantes, as semeadoras demandam de 10 a 15 cv linha<sup>-1</sup> de semeadura, valor que pode variar, por exemplo, de acordo com o tipo de sulcador. Na amostragem realizada na safra 2017 (Figura 7a), de acordo com as os tratores utilizados pelos produtores da região amostrada, foi encontrado uma potência média de 15,51 cv linha<sup>-1</sup>, ou seja, acima da potência requerida pelas semeadoras. Já na safra 2018 (Figura 7b), foi encontrada uma potência média de 14,79 cv linha<sup>-1</sup>.

Figura 7 - Potência específica (cv linha<sup>-1</sup>) nas áreas amostradas, nas safras 2017 (a) e 2018 (b).



Fonte: Autor.

No entanto, observa-se o notável excesso de potência por unidade de semeadura em algumas propriedades, fato que apresenta diversos aspectos negativos, como maior consumo de combustível, mais compactação do solo, além da subutilização do trator. Em alguns casos, a potência específica passou da margem dos 20 cv linha<sup>-1</sup>, ou seja, entre 50 e 100% a mais do que a potência recomendada pelos fabricantes das semeadoras. Apenas duas propriedades, em ambas as safras, apresentaram um cv linha<sup>-1</sup> menor que o recomendado pelos fabricantes de semeadoras. Ainda assim, o valor está muito próximo do requerido por essas máquinas.

### 3.3 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS DE SOJA

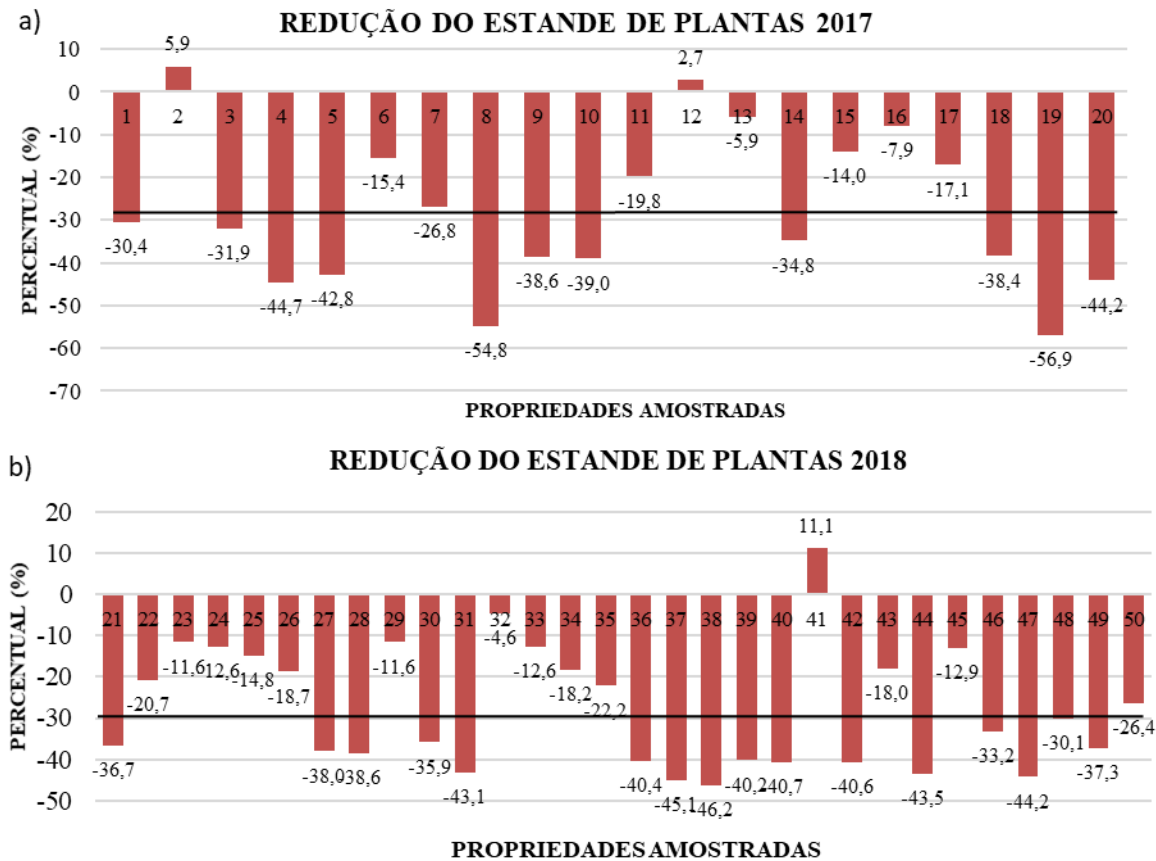
Entre as perguntas realizadas ao produtor, a mais importante é sobre o estande esperado de plantas, ou seja, para quantas sementes de soja a semeadora estava regulada para depositar no solo, por metro linear. Desta forma, pode-se conhecer a redução ou o aumento do estande final de plantas, em comparação ao estande inicial planejado, através da coleta de dados. Tendo em vista que o estande final de plantas depende de inúmeros fatores, como a cultivar utilizada, ataques de pragas e doenças e clima, a regulagem da semeadora é de grande importância para o produtor que almeja melhor estande de plantas e, por consequência, maior produtividade.

A figura 8 traça um paralelo entre a densidade de semeadura e a população de plantas alcançada, mensurada pelo estande final de plantas, nas safras 2017 (Figura 8a) e 2018 (Figura 8b). Em ambas as safras houve uma redução média de estande em torno 27,7%. No entanto, é possível observar que algumas propriedades sofreram uma redução maior que 50% no estande final das plantas, sendo este, um valor bastante elevado, o que prejudica a produtividade da lavoura, pois espaços falhos promovem a incidência de luz diretamente no solo e, conseqüentemente, favorecem a germinação de plantas daninhas capazes de competir com a espécie cultivada.

Entre as 50 propriedades analisadas, apenas três alcançaram um estande final de plantas superior ao desejado, fato que pode ocasionar um desenvolvimento de plantas menos ramificadas e com caules de diâmetros menores, por estarem muito próximas e competindo por nutrientes umas com as outras. Os espaçamentos desuniformes são causados, em sua maioria, por erros na regulagem da semeadora. De acordo com Pinheiro Neto (2008), se não houver uniformidade de espaçamento entre plantas, as operações de controle de pragas e colheita estarão comprometidas.

Inúmeros são os fatores que podem ocasionar a ocorrência de má distribuição de plantas na linha. Diversos autores citam que, assim como o estande de plantas, a distribuição longitudinal pode estar associada à velocidade de semeadura e às irregularidades do terreno, fazendo com que várias sementes sejam depositadas no solo ao mesmo tempo, devido aos impactos nos sistemas dosadores.

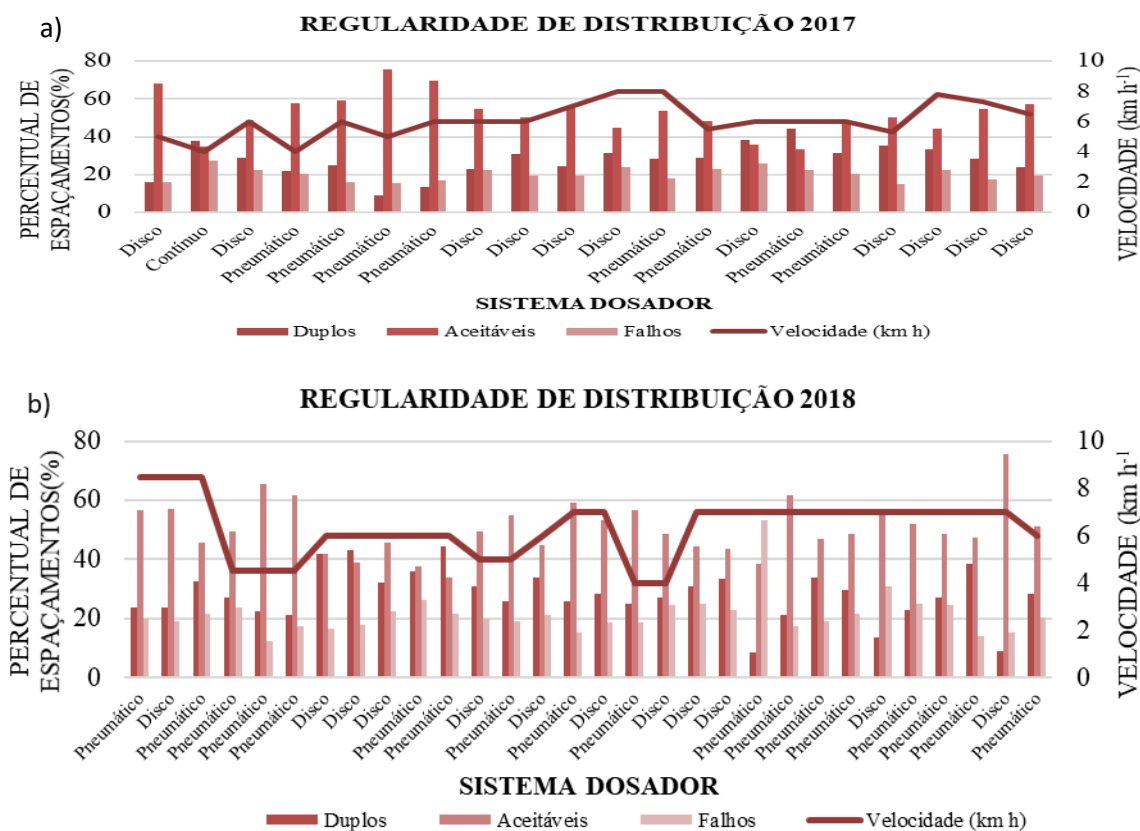
Figura 8 - Redução do estande de plantas em relação ao estande esperado, em percentagem, referente às safras 2017 (a) e 2018 (b).



Fonte: Autor.

No entanto, nas propriedades amostradas, a velocidade não apresentou correlação com a regularidade de distribuição, expressa pelos percentuais de espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos. Dentro de tais velocidades, também não foram encontradas diferenças na regularidade de distribuição entre os mecanismos dosadores pneumáticos e de disco alveolado, nas safras 2017 (Figura 9a) e 2018 (Figura 9b). Entretanto, Dias et al., (2012), verificaram que os mecanismos dosadores pneumáticos apresentaram resultados superiores aos de discos alveolados, nas velocidades mais elevadas.

Figura 9 - Regularidade de distribuição de plantas em relação a velocidade de deslocamento e sistema dosador safra 2017 (a) e safra 2018 (b).



no plantio direto da soja. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 02, p. 357-362, 2005.

DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G.J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1721-1728, 2009.

DIAS, V. O. **Tamanho amostral para ensaios em esteira de distribuição longitudinal de sementes de milho e soja**. 2012. 110 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa soja. **Soja em número. (Safrá 2018/2019)**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 1 de set. 2019.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.2, p.458-464, 2005.

ISO 7256/1. INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR ESTANDARDIZATION: **Sowing equipment – Methods of test – Part 1: Single seed drills (precision drills)**. Genève, 16p.1984.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011.

PINHEIRO NETO, R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO, A. C. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, supl. p. 611-617, 2008.

TOURINO, M. C. M.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

## ESTUDO DO EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO RELACIONADO À LASTRAGEM LÍQUIDA E PRESSÃO DE INSUFLAÇÃO, EVIDENCIANDO A NECESSIDADE DO CONTROLE DE TRÁFEGO AGRÍCOLA

*Study of the effect of soil compacting related to net waste and inflation  
pressure, including the need for agricultural traffic control*

Henrique Eguilhor Rodrigues<sup>1</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>2</sup>, Mayara Torres Mendonça<sup>3</sup>,  
Gessiele Possobom<sup>4</sup>, Luana Freitas Knierim<sup>5</sup>, Rômulo Bock<sup>6</sup>, Tiago Gonçalves Lopes<sup>7</sup>,  
Rafael Sobroza Becker<sup>8</sup>, Lanes Beatriz Acosta Jaques<sup>9</sup>, Vilnei de Oliveira Dias<sup>10</sup>, Alessandra  
Machado Ferreira<sup>11</sup>.

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Endereço, Avenida Roraima, 100. Bairro  
Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [henrique\\_eguilhor@hotmail.com](mailto:henrique_eguilhor@hotmail.com);  
[airtonalonco@gmail.com](mailto:airtonalonco@gmail.com); [mayaratorres@id.uff.br](mailto:mayaratorres@id.uff.br); [gessielip@hotmail.com](mailto:gessielip@hotmail.com);  
[luanaknierim@gmail.com](mailto:luanaknierim@gmail.com); [romulobock1994@gmail.com](mailto:romulobock1994@gmail.com); [fagoglopes@yahoo.com](mailto:fagoglopes@yahoo.com);  
[rafaelsobrozabecker@gmail.com](mailto:rafaelsobrozabecker@gmail.com); [lanis.acosta@hotmail.com](mailto:lanis.acosta@hotmail.com)

<sup>10,11</sup> Universidade Federal do Pampa, Avenida Tiarajú, 810. Bairro Ibirapuitã, 97546-550, Alegrete -  
RS, Brasil. [vilneidias@gmail.com](mailto:vilneidias@gmail.com); [alessandramf2@hotmail.com](mailto:alessandramf2@hotmail.com)

### RESUMO

Um dos problemas primordiais associado ao cultivo agrícola é a compactação do solo e, o causador exponencial é o tráfego indiscriminado de máquinas e implementos agrícolas. Além disso, um fator atenuante é a má calibragem dos pneus, bem como o lastro líquido e a pressão de insuflação. A compactação dos solos é definida como o aumento da resistência devido a sucessivas cargas aplicadas sobre o solo. Deste modo, o trabalho objetivou evidenciar a necessidade de sistemas de orientação automática dentro das propriedades. Assim sendo, foram analisados três tipos de pressões de insuflação associado a dois tipos de lastro líquido, 25 e 75%. O aumento da pressão de insuflação gerou uma redução na área de contato pneu-solo, que consequentemente aumentou o efeito da compactação. Em contrapartida, o aumento da lastragem aumentou a área de contato com o solo, reduzindo o efeito da compactação, mesmo levando em consideração o acréscimo de peso nos rodados, demonstrando assim, a real importância do controle de tráfego nas propriedades.

**Palavras-chave:** Trafego de máquinas. Adensamento de solo. Insuflação de pneus.

### ABSTRACT

One of the primary problems associated with agricultural cultivation is soil compaction and the exponential cause is the indiscriminate traffic of agricultural machinery and implements. In addition, a mitigating factor is poor tire calibration, as well as liquid ballast and inflation pressure. Soil compaction is defined as increased resistance due to successive loads applied to the soil. Thus,



the work aimed to highlight the need for automatic guidance systems within the properties. Thus, three types of inflation pressures associated with two types of liquid ballast, 25 and 75%, were analyzed. Increased inflation pressure led to a reduction in the tire-to-ground contact area, which consequently increased the effect of compaction. In contrast, the increase in ballast increased the contact area with the ground, reducing the effect of compaction, even taking into account the weight increase in the wheelsets, thus demonstrating the importance of traffic control on the properties.

**Keywords:** Machine traffic. Soil Compaction. Tire inflation.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, no que tange a área das ciências agrárias, houve uma grande modernização na mecanização. Com o decorrer do tempo, a fim de diminuir o esforço físico do homem e melhorar a qualidade de serviço associado à segurança e rapidez, as máquinas agrícolas foram modernizadas. Além do avanço tecnológico, as máquinas aumentaram de tamanho e, conseqüentemente, tornaram-se mais pesadas.

Embora a inovação no setor agrário adquiriu muitos benefícios e o aumento na qualidade das máquinas, o excesso de peso, relacionado ao mau uso, contribui para a compactação do solo.

Holtz & Kovacs (1981) definiram a compactação do solo como o adensamento dos solos por meio da aplicação de energia mecânica. Outra definição de compactação do solo foi dada por Curi et al. (1993), o qual o conceito está relacionado à redução do volume do solo, decorrente de compressão, o que ocasiona um rearranjo mais denso das partículas do solo e, conseqüentemente, a diminuição da porosidade.

A compactação do solo é um processo mecânico resultado de um manejo inapropriado, trazendo conseqüências como o aumento da densidade e resistência à penetração, sobre tudo, redução de água disponível às plantas e a porosidade (RIBON e TAVARES FILHO, 2008).

Com a introdução da mecanização agrícola, o tráfego de máquinas em atividades de preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita está gradativamente gerando problemas de compactação e o efeito negativo sobre a mecânica dos solos agrícolas, além disso, causando a degradação dos solos devido a compactação gerada pelas máquinas agrícolas e danos ao meio ambiente (SILVA, 2015).

Uma parte da compactação gerada por máquinas é justificada pela falta de discernimento do funcionamento, má calibração dos componentes e tráfego indiscriminado na propriedade. A compactação do solo é um problema nas áreas cultiváveis em nível mundial, o que limita a qualidade física do solo e a produtividade (RICHART et al. 2005).

A colheita mecanizada gerou diversos benefícios como a redução do custo de operação e a solução para as dificuldades na falta de mão de obra. Entretanto, acarretou na compactação dos solos e, é um tema que vem sendo discutido por avançar de maneira preocupante, com conseqüências negativas na produtividade das lavouras e prejuízos financeiros. Os diversos métodos de manejos na propriedade é capaz de gerar uma compactação de maior ou menor intensidade, em conseqüência a isso, um grande potencial em influenciar de maneira negativa na resistência mecânica à penetração, crescimento radicular, porosidade e densidade do solo, absorção de água e nutrientes, e por fim, um decréscimo significativo na produtividade das culturas. (FREDDI et al. 2007).

O resultado da relação entre as altas produtividades, tecnologia de sementes e as máquinas, mostram que estão diretamente correlacionadas entre si, uma forma de buscar uma

agricultura mais competitiva com um bom manejo conservacionista e ecossistêmico (BARUFFI 2015; FRANÇA NETO et al. 2016). Um dos manejos conservacionistas é o sistema de plantio direto, isto é, sem o revolvimento do solo. Com isso, o tráfego de máquinas pesadas pode provocar a compactação do solo. O aumento na utilização de máquinas agrícolas, relacionado ao sistema que não realiza o revolvimento do solo, é observado uma compactação superficial (CENTURION et al. 2006). A aplicação do sistema plantio direto ocasionou benefícios em questões ambientais e econômicas, colaborando para o crescimento da produção de grãos no Brasil. No entanto, a compactação do solo é um sério problema, o qual perturba os produtores e os pesquisadores das ciências agrárias (NUNES, 2014).

### 1.1 O CONTROLE DO TRÁFEGO

Existem diversos estudos que mostram os efeitos e causas da compactação do solo (GIRARDELLO et al. 2014; AMADO et al. 2005). Esse efeito é resultado de diversos fatores e práticas utilizadas por produtores, como a pressão de insuflação dos pneus, a lastragem do trator e o trânsito desregrado, que podem ter consequências no final da produção. O tráfego indiscriminado de máquinas que exercem grande pressão sobre o solo, devido ao seu tamanho, ao realizar atividades em solos com condições de umidade acima do ideal, a compactação do solo é um resultado inevitável, o que gera uma diminuição na infiltração de água e na produtividade das culturas (GIRARDELLO et al. 2014).

A agricultura está dia após dia mais competitiva, a procura de maiores produtividades em menores áreas com menores custos, entretanto, pequenos detalhes provocam a compactação do solo resultando em perdas financeiras.

A compactação do solo, de fato, é um dos principais obstáculos na agricultura mundial, portanto, uma das estratégias que vêm se destacando é o controle de tráfego, isto é, determinação de locais específicos para o trânsito e movimentação de máquinas. O tráfego controlado é uma técnica que vem sendo avaliada e utilizada em diversos países do mundo, sistema pesquisado desde a década de 60 (GIRARDELLO et al., 2014).

O objetivo da agricultura de precisão, é auxiliar os produtores na obtenção e interpretação de dados, bem como na tomada de decisões a partir dos dados coletados. A agricultura obteve um novo impulsionamento com novas ferramentas oriundas da agricultura de precisão, este sistema tem por objetivo organizar o tráfego de máquinas e implementos dentro da propriedade, com o propósito da demarcação de tráfego em linhas pré-definidas (GIRARDELLO et al. 2014). Ao se tratar da agricultura de precisão, o tráfego controlado de máquinas, surge como uma solução nas operações das lavouras, separando zonas de trajeto das áreas em que há o crescimento de plantas, concentrando em linhas delimitadas as passagens dos pneus, isto é, áreas mais concentradas submetidas ao tráfego, porém menor. (ROQUE et al. 2010).

Em relação a agricultura de precisão, o homem sempre buscou maneiras de se orientar dentro das áreas agrícolas. Os produtores estão constantemente em busca de métodos e tecnologias, por uma precisão agrícola. Desde o surgimento do trator, o agricultor procurou maneiras de melhorar o tráfego de conjuntos mecanizados dentro das lavouras, surgindo assim, diversos recursos de orientação e demarcação aos operadores, tais como, espumas, cabo de aço e marcadores de linha, (OLIVEIRA, 2009). A precisão agrícola é um conjunto de técnicas, que permite o gerenciamento aprofundado das culturas e suas atividades, é a ferramenta de suporte para tomadas de decisões.

Com o surgimento de tecnologias que utilizam sistemas de navegação global por satélites, sistema de posicionamento instantâneo do conjunto máquina e implemento, que por meio de luzes de indicação orienta o operador, que por sua vez corrige o posicionamento manualmente, mantendo a posição de trajeto desejado. Atualmente é utilizado o piloto automático, sistema que utiliza o sinal de GPS (Sistema de Posicionamento Global) em conjunto com meios que atuam sobre a direção do veículo agrícola, definindo o seu trajeto (GOEHL, 2015).

Como citado anteriormente, a inovação das máquinas agrícolas estão às tornando cada vez maiores, e as indústrias de pneus, acompanhando este ritmo tecnológico, também inovaram seus produtos, que, por sua vez, aumentaram de tamanho proporcionalmente. Visto este problema, as indústrias estão desenvolvendo pneus que diminuem os impactos gerados pelas altas cargas, e, conseqüentemente, reduzindo o risco da compactação de solo. O cuidado com problemas relacionados ao solo compactado tem levado aos produtores a buscar maneiras de minimizar esse efeito negativo, visto que, a pressão interna dos pneus e a área em contato com o solo, gera uma compactação superficial e em profundidade no solo (MACHADO et al. 2014).

Desta maneira, o estudo tem como objetivo propor orientações aos usuários e produtores rurais, das causas e conseqüências da compactação do solo. Comprovando ao demonstrar de maneira clara e sucinta, os efeitos que os pneus de máquinas e implementos agrícolas causam ao solo e a cultura. Por meio da análise do efeito de diferentes pressões de insuflação, com diferentes lastros líquidos sobre o solo e, mensurando a área de contato exercida pelo pneu sobre o solo, estabelecer-se-á uma condição mínima de compactação exercida pelo trator agrícola sobre as áreas de cultivo. Evidenciando a necessidade do controle de tráfego dentro das propriedades, e a capacidade de reduzir mesmo que minimamente a compactação do solo, com o ajuste correto da pressão de insuflação e lastro líquido dos pneus.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa (LAMAP) localizado na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). A análise foi realizada nos pneus traseiros do trator e foi condicionada em dois fatores, pressões de insuflação determinada pelo fabricante do trator (Figura 1) de 16, 20 e 24 lb.pol<sup>2</sup> e lastragem líquida de 25 e 75% que totalizaram dezoito observações.

Na avaliação foram utilizados:

- trator New Holland TL 75E, com aproximadamente 3260 quilos;
- formas artesanais de madeiras preenchidas com cal para simular a deformação do solo;
- cal para uma melhor análise da área deformada pelo pneu;
- macaco hidráulico para elevar o trator para a colocação e remoção das formas de análise;
- compressor de Ar para realizar a aplicação de diferentes pressões;
- rastilho de jardim para desagregação do cal;
- câmera fotográfica para registo da deformação nas formas;
- Autocad para mensuração da área deformada pelo pneu;

Figura 1 - Manual do trator: carga máxima suportada pelo pneu com as diferentes pressões de insuflação.

Pneus	Velocidade Máxima 32 km/h							
	kPA (lb/pol <sup>2</sup> )							
	"95 (14)"	"110 (16)"	"125 (18)"	"140 (20)"	"150 (22)"	"165 (24)"	"180 (26)"	"190 (28)"
	kg							
9.5-24	605	650	700	740 (4)	785	825	865	940 (6)
12.4-24	870	945 (4)	1010	1075	1140	1200 (6)	-	-
12.4-38	1080	1165 (4)	1250	1330	1405	1480 (6)	-	-
14.9-24	1225	1325	1420	1510 (6)	-	-	-	-
16.9-30	-	1770	1895 (6)	-	-	-	-	-
18.4-30	-	2120 (6)	2275	2420 (8)	2555	2685	2815 (10)	-
18.4-34	-	2250 (6)	2415	2564 (8)	2715	2855	2990 (10)	-
23.1-26	-	2850 (8)	3055	3250 (10)	3435	3615 (12)	-	-

Os pneus do trator são da marca Goodyear R1 Dyna Torque II 18-4-30, a profundidade de sulco para o pneu novo é de aproximadamente 39,7 mm, no estado atual dos pneus utilizados para a análise foi mensurado uma profundidade média de sulco de 32 mm.

O procedimento do experimento (figura 2) foi realizado da seguinte forma, elevação do trator com o auxílio do macaco hidráulico (figura 2a), inserção da forma artesanal preenchida de cal, rebaixamento do trator a posição inicial sobre a forma (figura 2b) por um período de 30 segundos para estabilização total do peso.

Figura 2 – seqüência da metodologia adotada para análise; forma preenchida e nivelada com cal (a), formação da área de contato com o peso do trator sobre a forma (b).



Na seqüência a elevação novamente do trator para a retirada da forma para análise (figura 3a). Esta análise baseou-se no registro de fotos da área formada pelo contato do pneu com o cal contido na forma, e foram pré-determinadas em escalas com régua e dimensionadas através da assistência do software AutoCad.

Após cada análise era feito uma espécie de escarificação sobre o cal (figura 3b), com o auxílio do rastilho de jardim para a desagregação do mesmo devido a compactação gerada pelo contato com o pneu.

Figura 3 - obtenção da área de contato pneu e cal (a), escarificação do cal com rastilho de jardim para a próxima análise (b).

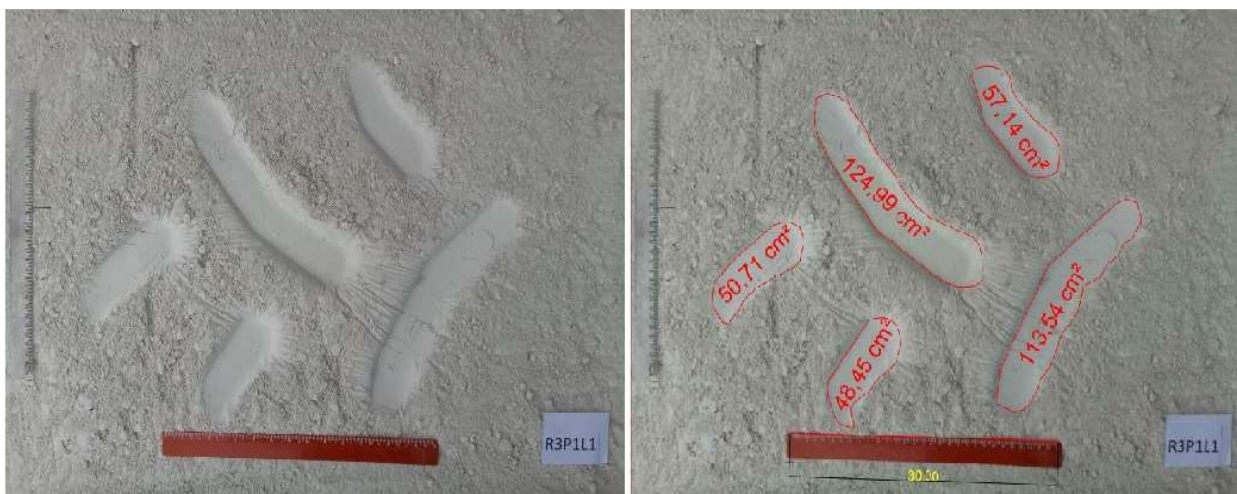


Este procedimento repetiu-se dezoito vezes, isto é, três repetições para os dois fatores analisados, pressão de insuflação 16, 20 e 24 lb.pol<sup>-2</sup> e lastragem líquida de 25 e 75%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o auxílio do AutoCad foi possível mensurar a área formada pelas garras dos pneus (Figura 4), realizando uma média das áreas nas três repetições.

Figura 4 – análise via software AutoCad da área de contato pneu cal.



Após análise das áreas foi realizada a média das três repetições (Tabela 1) para cada pressão de insuflação e lastro líquido.

Tabela 1. Média das áreas (cm<sup>2</sup>) de contato entre pneu e cal.

	16 (lb.pol-2)	20 (lb.pol-2)	24 (lb.pol-2)
25%	433,4533	362,1767	354,6333
75%	495,9067	421,9667	421,3367

A determinação da pressão que o pneu exerce sobre o solo, como já citado acima para o experimento foi utilizado cal, é definido como a aplicação de uma força distribuída sobre a área, logo quanto maior a área de contato entre pneu e solo, menor será o efeito da compactação devido a uma maior distribuição do peso do trator sobre esta área.

$$\text{Pressão} = \frac{P}{A} [\text{kg.cm}^{-2}]$$

em que,

F = força aplicada sobre o solo

A = área em contato com o pneu

O trator New Holland TL 75E TDA, possui 3260 quilos, com uma divisão de pesos 60% traseiros e 40% dianteiros, totalizando um peso de 1304 kg nos pneus dianteiros e 1956 kg nos pneus traseiros, peso que os pneus exercem sobre o solo. Segundo a fabricante Goodyear, o pneu R1 Dyna Torque II 18-4-30, possui capacidade de lastro líquido de 337 kg. Como o experimento foi utilizado dois tipos de lastragem, 25 e 75%, determinou-se o acréscimo de carga para cada pneu conforme a tabela 2.

Tabela 2. Acréscimo de carga de acordo com a proporção de lastro líquido.

100 %	25%	75%	2 Pneus (25%)	2 Pneus (75%)
337 kg	84,25 kg	252,75 kg	168,5 kg	505,5 kg

Após a determinação do acréscimo de carga por pares de pneu, somou-se ao peso total do trator (tabela 3) e subdividiu-se na proporção de 40% para os pneus dianteiros e 60% para os pneus traseiros.

Tabela 3. Peso que cada pneu traseiro exerce sob o solo com as respectivas lastragem líquida.

Lastro	Peso Total	2 Pneus (kg)	Dianteiro (40%)	Traseiro (60%)	Peso por Pneu
25%	3260 kg	168,5	1371,4 kg	2057,1	1028,55 kg
75%	3260 kg	505,5	1506,2 kg	2259,3	1129,65 kg

O princípio da determinação da pressão é definido pela relação entre o peso que o pneu exerce sobre o solo e a área de contato, determinou-se a pressão que o solo recebe pelo pneu em

kg.cm<sup>-2</sup> como mostra a tabela abaixo.

Tabela 4. Pressão exercida sobre o solo (kgf.cm<sup>-2</sup>)

	16	20	24
25 %	2,373	2,840	2,900
75%	2,27	2,677	2,681

O resultado está apresentado em forma de tabela, ao que médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. De acordo com a Tabela 5, ocorreu efeito do lastro e da pressão de insuflação de forma separada sobre o solo, porém não houve interação significativa entre lastro e pressão de insuflação. Observa-se que a pressão de insuflação de 110 kPa, diferenciou-se das demais pressões ao que tange área de contato e pressão exercida sobre o solo. Para a lastragem, de 75% diferenciou-se significativamente da lastragem de 25%, possuindo uma maior área de contato e uma menor pressão sobre o solo.

Tabela 5. Avaliação da área de contato e pressão sobre o solo em função do nível de lastragem líquida e pressão de insuflação dos pneus

Nível de lastragem (L)	Área de contato(cm <sup>2</sup> )	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )
Lastro 25%	383,42111 b	2,7111111 a
Lastro 75 %	446,40333 a	2,5488889 b
Pressão (P) kPa(lb/pol <sup>2</sup> )		
110 (16)	464,68000 a	2,3316667 b
140 (20)	392,07167 b	2,7650000 a
165 (24)	387,98500 b	2,7933333 a
L	36,13**	5,74*
P	22,61**	19,46**
LxP	0,04 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>
C.V. (%)	5,35	5,46

NS: não significativo (P>0,05); \*: significativo (P<0,05); \*\*: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação.

A agricultura de precisão consiste em produzir de maneira sustentável, isto é, aumentar os ganhos na produção agrícola e reduzir ao máximo os desperdícios e os impactos gerados pela atividade, inclusive ao que tange a relação entre produtores agrícolas e meio ambiente. Como mencionado anteriormente, a compactação de solo tem uma grande influência na degradação ambiental, e a utilização de ferramentas oriundas da agricultura de precisão, é um grande aliado no combate a solos cultiváveis compactados.

## 4 CONCLUSÕES

Conforme os dados obtidos no experimento, observou-se que conforme o aumento da pressão de insuflação do pneu, aumenta a pressão ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) que o pneu exerce sobre o solo. O lastro líquido se comporta de maneira inversa, pois com o aumento da lastragem de 25% para 75% aumentou a área de contato diminuindo a pressão que o solo recebe do pneu, mesmo com o acréscimo de carga nos pneus.

O certo é que fica evidenciado, a real importância do controle de tráfego das máquinas e implementos agrícolas dentro das propriedades, visto que, mesmo com a correta regulagens de pressão de insuflação e lastro líquido, ainda que involuntariamente, ocorre a compactação do solo. Destacando-se a necessidade de implantação de tecnologias que organize o trajeto a ser realizado pelas máquinas, as zonas de tráfego.

## REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; NICOLOSSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; SANTI, A. L.; LOVATO, T. A. compactação pode comprometer os rendimentos de áreas sob plantio direto. **Rev. Plantio Direto**. Ed. 89, Passo Fundo. out, 2005.
- BARUFFI, S. S. **Análise histórica do custo de produção da Soja: O fator semente na construção do resultado**. Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.
- CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; BEUTER, A. N.; ROSSINI, L. A.; FREDDI, O. S.; NETO, E. L. S. Compactação do Solo no Desenvolvimento e na Produção de Cultivares de Soja. **Jaboticabal**, V.34, n.2, p.203, 2006.
- CNH Latina América Ltda. **Manual do operador: linha TL**. Edição 2ª, português. Curitiba, 2009.
- CUR I, N.; LARAC H, J.O.I.; KÄMPF, N.; M ONIZ, A.C. & FONTES, L.E.F. **Vocabulário da ciência do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p
- FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; Pádua, G. P. de.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina, Embrapa Soja, 2016.
- FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura de milho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v.31, n.4, p. 627-636. 2007.
- GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; MISIEWICZ, P.; SMITH, E. K. Tráfego controlado de máquinas agrícolas: a experiência inglesa e perspectivas de adoção no Sul do Brasil. **Revista Plantio Direto**, Ed. 137/138, fev. 2014.



GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T. de G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v.38, n.4, p.1234-1244. 2014.

GOEHL, C. M. **Semeadura de precisão e utilização de tráfego controlado em máquinas agrícolas: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado). Agricultura de Precisão. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.

HOLTZ, R. D. & KOVACS, W.D. **An introduction to geotechnical engineering**. New Jersey, Prentice-Hall, 1981. 733p.

MACHADO, T. M.; LANÇAS, K. P.; OLIVEIRA, M.; ARTIOLI, J.; MARASCA, I. Pneus: como minimizar a compactação do solo. **Revista Cultivar Máquinas**, v. XII, n. 142, p. 16-17, 2014.  
NUNES, M. R. **Mitigação da compactação do solo em plantio direto**. Dissertação (Mestrado). Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

OLIVEIRA, T. C. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111148/tde-10112009-150847/pt-br.php>>. Acesso em 11 mai. 2018.

RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no Norte do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1817-1825, 2008.

RICHART, A.; TAVARES, J.; BRITO, O. R.; LANILLO, R. F.; FERREIRA, R.; Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n. 3, p. 315-338, 2005.

ROQUE, A. A. de O.; SOUZA, Z. M. de.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. de. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.45, n.7, p.744-750, jun. 2010.

SILVA, N. M. L. da. **Compactação em Argissolo submetido ao tráfego agrícola no cultivo da Cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, 2015.

## EFEITO TEMPORAL DA DESCOMPACTAÇÃO COM DIFERENTES SUBSOLAGENS E A INFESTAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS

### *Temporal effect of decompactation with different subsolaging and weed plant infestation*

Anderson Dalzotto De Nardi<sup>1</sup>, David Peres da Rosa<sup>2</sup>, Paulo Henrique Conte<sup>3</sup>, Marcos Longaretti<sup>3</sup>, Junior Verardi<sup>3</sup>, Artur Zancan<sup>3</sup>, Kézia de Sá da Silva Conceição<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) -Campus Sertão, Núcleo de Estudos em Solo e Máquinas Agrícolas (NESMA), Bolsista de Iniciação Científica e Tecnologia do IFRS, 99170-000, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [anderson.dnardi@gmail.com](mailto:anderson.dnardi@gmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Doutor do IFRS-Campus Sertão, NESMA, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [david.darosa@sertao.ifrs.edu.br](mailto:david.darosa@sertao.ifrs.edu.br)

<sup>3</sup> Acadêmico do curso Bacharel em Agronomia, NESMA, IFRS – Campus Sertão, CEP 99170-000, Sertão – RS, Brasil,

<sup>4</sup> Acadêmica do curso Licenciatura em Ciências Biológicas, IFRS – Campus Sertão, NESMA CEP 99170-000, Sertão – RS, Brasil

### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar, via agricultura de precisão, a relação temporal de dois tipos de subsoladores com a população de plantas daninhas. Foram utilizados dois subsoladores: CMc - composto por chassi, roda delimitadora, hastes e ponteiras, CMd – subsolador com disco de corte de palha e rolo destorroador e, solo em sistema plantio direto, testemunha. A subsolagem foi realizada há 6 meses anterior ao plantio da cultura do milho, em Nitossolo Vermelho sob sistema plantio direto consolidado, o qual foi dividido em 3 talhões de 0,5ha. Foram avaliados no desenvolvimento da cultura do milho (2017/2018) a área de solo elevada e a incorporação de palha na semeadura; a densidade de plantas daninhas aos 20 e 40 dias após emergência (DAE). O subsolador convencional apresentou maior área de solo mobilizada, palha incorporada e densidade de plantas daninhas, tanto aos 20 como 40 DAE, sendo que o menor fluxo de plantas daninhas ocorreu no SPD. A utilização de subsoladores, independente da configuração, afeta o fluxo de plantas daninhas após 5 meses da operação.

**Palavras-chave:** Plantas infestantes; Sistemas de cultivo; Agricultura de Precisão.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate, by precision agriculture, the temporal relationship of two types of subsoilers in weed population. Two subsoilers were used: MTc - composed by chassis, bounding wheel, rods and tips, MTd - subsoiler with straw cutting disc and destroying roll and NT - soil under no-tillage system, witness. The subsoiling was carried out 6 months prior to the planting of maize crop, in Red Nitosol under consolidated no-tillage system, which was divided into 3 plots

of 0.5 ha. The high soil area and the incorporation of straw in the sowing were evaluated; weed density at 20 and 40 days after emergence (DAE), all in development of the corn crop (2017/2018). The MTc presented larger area of mobilized soil, incorporated straw and weed density at 20 and 40 DAE, and the lowest weed flow occurred in the NT. The use of subsoilers, regardless of the configuration, affects the weed flow after 5 months the operation.

**Keywords:** Invasive plants, cultivation systems, precision agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

A compactação do solo é entendida como uma ação de redução de espaços vazios em seu interior, em consequência, aumentando a densidade do mesmo (TRINDADE et al., 2003). Esta por sua vez, acaba tendo relação direta com a redução significativa da produtividade das culturas, visto que, devido ao menor desenvolvimento radicular, as plantas têm limitação quanto a absorção de nutrientes e por apresentar uma menor quantidade de oxigênio no solo, acabam reduzindo o desenvolvimento da planta (CAMARGO e ALLEONI, 2006).

A prática mecânica amplamente difundida como alternativa de descompactação do solo em plantio direto é a subsolagem (NUNES, 2014), na qual a mobilização do solo é realizada por hastes, buscando revolvimento mínimo da superfície, resultando com esta ação a redução da densidade ao passo que aumenta-se a porosidade do solo (KOCHHANN e DENARDIN, 2000). A técnica de revolvimento do solo pode influenciar diretamente na ocorrência de plantas daninhas na área, uma vez que, observa-se uma exposição do banco de sementes na parte superficial do solo.

Outro ponto, o processo de revolvimento do solo acaba incorporando a palhada presente na superfície, aumentando a insolação do perfil e a temperatura do mesmo, favorecendo a emergência de plantas daninhas fotoblásticas positivas. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar via agricultura de precisão a relação física temporal de tipos de subsoladores com a infestação de plantas daninhas em solo manejado pelo sistema plantio direto consolidado.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano de 2017 em área de produção agrícola do IFRS – Campus Sertão, em Nitossolo Vermelho (STRECK et al., 2008) delimitando uma área de 1,5 ha, sendo está dividida em três talhões. Nos talhões foram sorteados os diferentes sistemas de manejo do solo, sendo: sistema plantio direto (SPD), cultivo mínimo com uso de subsolador convencional (CMc) e cultivo mínimo com uso de subsolador equipado com disco de corte de palha e rolo destorroador (CMd).

As subsolagens foram realizadas na primeira quinzena de agosto de 2016, e a semeadura realizada no mês de outubro, sendo que os talhões receberam a cultura do milho com os mesmos tratamentos culturais.

Para a realização da subsolagem, foi empregado um trator de 75 cv de potência nominal, com tração 4 x 2 TDA, o qual tracionou os subsoladores, sendo o CMc utilizou um subsolador dotado de chassi, 7 hastes inclinada com ponteira tipo estreita, com roda delimitadora de profundidade da marca Jumbo® (Figura 1A), já o subsolador do CMd continha disco de corte de palha e rolo destorroador, sendo o mesmo da marca Agrobil® (Figura1B).

Figura 1 – Implementos utilizados para operações.

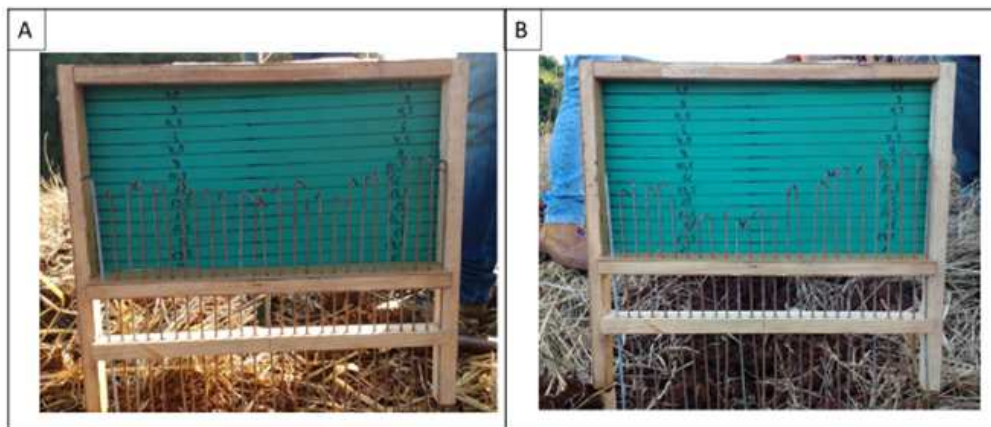


Legenda: A) Subsolador convencional. B) Subsolador dotado de disco de corte e rolo destorroador.

A semeadura da cultura do milho (*Zea mays* L.) foi realizada em 25 de outubro de 2017 com a semeadora Semeato® modelo SHM 15/17, equipada com hastes sulcadoras do tipo guilhotina para fertilizante e disco desencontrado para deposição de sementes.

Para avaliar a mobilização do solo pela guilhotina foi mensurado a área elevada, através do método da perfilometria, isto através de um perfilômetro composto de 26 varetas, dispostas de 1 em 1 cm, totalizando uma área de 0,26 metros lineares, o aparelho foi disposto no sentido transversal ao do trajeto da semeadura, sendo que a avaliação se deu pela diferença do perfil do solo natural anterior à semeadura (Figura 2A) e após a operação (Figura 2B). O processamento desta diferença foi calculado no software educacional AutoCad®.

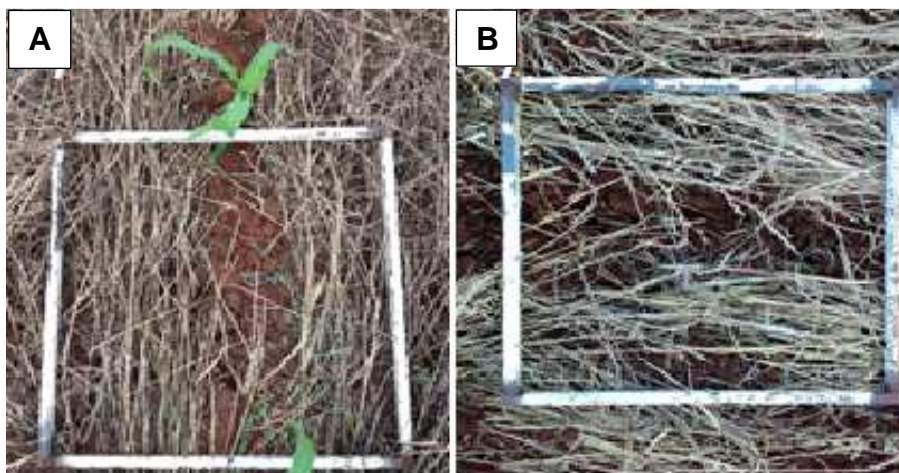
Figura 2 – Perfilômetro utilizado para avaliar a mobilização do solo.



Legenda: (A) Perfil do solo antes da semeadura; (B) Perfil do solo após a semeadura.

A quantificação das porcentagens de palha incorporada foi realizada após a semeadura, utilizando-se o método do quadrado-inventário (0,5 x 0,5 m), disposto sobre a linha da semeadura (Figura 3B). O percentual da palha incorporada foi calculada no software educacional AutoCad®.

Figura 3 - Quadrado-inventário de avaliação da densidade de plantas daninhas.



Legenda: Quadrado inventário utilizado para contagem de plantas daninhas (A); e para determinação de palha incorporada (B).

A quantificação da incidência populacional de plantas daninhas e identificação foi realizada pela amostragem na área do quadrado inventário, em dois momentos distintos, 20 e 40 dias após a semeadura. Foram realizadas três coletas em cada momento por ponto amostral.

Todas as avaliações foram realizadas posterior ao processo de semeadura da cultura, utilizando 30 pontos amostrais por talhão. Para a delimitação da área e a localização dos pontos amostrais foi utilizado um GNSS Garmin® modelo Etrex 20.

A confecção da malha amostral do tipo quadrática 20x20m, mapas de agricultura de precisão, as estruturações dos modelos digitais foram realizados pelo software Campeiro7®, utilizando o interpolador Kriggagem – Semi variograma linear, sendo que os dados foram tabulados em planilha eletrônica do excel, utilizado para realizar avaliação estatística básica, os dados geoestatístico foram no Campeiro.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados geoestatísticos (Tabela 1), para o parâmetro palha incorporada expressam valores médios semelhantes entre os tratamentos com subsolador dotado disco de corte de palha e rolo destorroador (CMd - 34,45) e subsolador convencional (CMc - 33,90), porém superior ao sistema de plantio direto (SPD - 20,69). Em relação a mínima, houve pouca variação entre os tratamentos, apontando no CMd um valor 7% superior apenas. Já para a máxima, o SPD ficou com 36,60% de palha incorporada, contra 43,88% do CMd, e 46,32% no CMc, fato esperado, haja visto que a mobilização anterior com subsoladores do solo acarretou numa diminuição da densidade do mesmo, conseqüentemente da compactação, resultando em um maior revolvimento do solo no processo da semeadura, fato observado com menor intensidade no plantio direto. Fileti et al. (2011), concluiu que a quantidade de palha incorporada para o SPD fica na ordem de 1/3, quanto que para o cultivo mínimo pode ser expressa por 1/2. Considerando o desvio padrão para: - palha incorporada: 7,79% a 10,29% - solo elevado: 16,51% a 120,97% - contagem de plantas daninhas aos 20 dias após a emergência (DAE): 16,04% a 57,63% - contagem de plantas daninhas aos 40 DAE: 14,08 % a 17,51%, ambos os dados demonstram homogeneidade. Observou-se que os dados de desvio padrão obtidos no tratamento CMd foram menores, exceto

no área de solo elevado, seguidos do SPD e CMc, fato que pode estar apontando para uma possível homogeneidade na condição do meio.

Tabela 1 - Estatística descritiva da palha incorporada, área de solo elevado, densidade de plantas daninhas aos 20 e 40 dias após emergência na cultura do milho no Nitossolo Vermelho sob os manejos em estudo.

Tratamentos	M <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	Mx <sup>(3)</sup>	A <sup>(4)</sup>	S <sup>(5)</sup>	R <sup>2</sup> <sup>(6)</sup>	CV <sup>(7)</sup>	C <sub>0</sub> <sup>(8)</sup>	C <sub>0</sub> + C <sup>(9)</sup>
Palha incorporada									
CMd	34,45	18,36	43,88	23,53	7,79	0,9729	22,60	36,00	60,63
CMc	33,90	11,92	46,32	96,00	10,29	0,9490	30,35	45,51	105,83
SPD	20,69	11,12	36,60	24,25	9,05	0,8731	43,72	36,33	81,84
Área de solo elevado									
CMd	153,72	0,00	373,17	23,53	120,97	0,7749	78,70	5799,39	14635,00
CMc	138,28	3,29	300,40	24,00	93,44	0,7573	67,58	4923,03	8731,20
SPD	38,94	12,95	67,97	48,50	16,51	0,8778	42,40	176,93	272,62
Densidade de plantas daninhas 20 DAE <sup>(10)</sup>									
CMd	25,80	5,00	53,00	23,53	16,04	0,7772	62,17	99,61	257,29
CMc	76,90	19,00	217,00	24,00	57,63	0,8177	74,94	1315,19	3321,00
SPD	40,70	5,00	84,00	48,50	29,33	0,7568	72,07	516,43	860,46
Densidade de plantas daninhas 40 DAE									
CMd	12,90	3,00	53,00	94,12	14,57	0,6080	112,96	75,55	212,32
CMc	19,10	6,00	45,00	72,00	14,08	0,7446	73,73	92,81	198,32
SPD	14,00	1,00	55,00	48,50	17,51	0,5169	125,09	175,49	306,67

Legenda: <sup>(1)</sup> – média; <sup>(2)</sup> – mínimo; <sup>(3)</sup> - máximo; <sup>(4)</sup> – alcance; <sup>(5)</sup> – desvio padrão; <sup>(6)</sup> - coeficiente de determinação; <sup>(7)</sup> – coeficiente de variação, <sup>(8)</sup> - pepita, <sup>(9)</sup> - patamar - <sup>(10)</sup> - dias após a emergência . CMd: Subsolador composto de disco de corte de palha e rolo destorroador; CMc: subsolador convencional; SPD: Sistema de plantio direto

Maiores teores de incorporação de palha foram observados no CMd e CMc, fato atrelado ao processo de subsolagem realizado no mesmo, que acabou proporcionando a descompactação dos agregados, e no momento de semeadura, levando a uma maior elevação dos mesmos, acarretando em maiores índices de incorporação de palha. Os menores teores de incorporação de palha observados no SPD condizem com Rosa et al. (2014), que estudando os mesmos parâmetros constatou que o SPD manteve aproximadamente o dobro de palhada superficial quando comparado com o CMc. Entretanto, os dados apresentados na Tabela 1 discordam dos encontrados pelo mesmo autor para a comparação entre os tratamentos CMd e CMc, uma vez que, obteve-se maiores valores de incorporação de palha para o CMd comparativamente ao CMc, fato não esperado em virtude das características dos subsoladores. A densidade média total de plantas daninhas diminuiu em todos os tratamentos estudados quando comparada dos 20 aos 40 dias após a emergência da cultura (Tabela 1). As maiores densidades ocorreram no manejo do CMc, seguido do SPD e do CMd. Tal fato pode estar vinculado com uma maior alternância física do solo após o processo de subsolagem, que aliado a mobilização ocorrida durante a semeadura, resultou em maiores teores de palha incorporada no tratamento CMc.

Para o parâmetro alcance (Tabela 1), maiores valores correspondem a uma melhor uniformidade da área e determinam até que ponto o modelo usado consegue responder a variabilidade de determinado fator. Para palha incorporada observou-se que o CMc apresentou maior valor, correspondendo a 96,00 metros de alcance, contra 23,53 metros do CMd e 24,25 metros do SPD. Já para solo elevado, o CMd apresentou alcance de 23,53 metros, muito semelhante aos 24,00 apresentado pelo CMc, e distinto dos 48,50 metros do SPD, evidenciando uma menor variabilidade esperada da área submetida a tal tratamento. Para densidade de plantas daninhas, observou-se um acréscimo no número do alcance nos 20 e 40 DAE. Os valores foram de 23,53 para 94,12 metros no CMd; de 24,00 para 72,00 metros no CMc e de 24,25 para 48,50 metros no SPD, apontando o SPD como tratamento com maior uniformidade aos 20 DAE e o CMd aos 40 DAE.

O efeito pepita (Tabela 1), demonstrou uma variabilidade muito grande de ponto para ponto quando calculada para área elevada, sendo 5799,39 para o CMd, 4923,03 para o CMc e 176,93 para o SPD, apresentando o último fator com valores mais próximos entre os pontos. Para palha incorporada, o CMc apresentou valores de 45,51, superior aos 36,00 do CMd e 36,33 do SPD, demonstrando maior variabilidade entre pontos para o CMc. Na densidade de plantas daninhas, a contagem aos 20 DAE apresentou maior variação de ponto a ponto se comparada a feita aos 40 DAE, e mostrou o CMc como tratamento de maior valores aos 20 DAE (1315,19) e o SPD aos 40 DAE (175,49).

Para o coeficiente de determinação (Tabela 1), foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Ajustou-se o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (OLIVER; WEBSTER, 2014). Para palha incorporada, solo elevado e contagem de plantas daninhas aos 20 DAE observou-se para todos os tratamentos índices altos, os quais indicam que modelo usado consegue explicar as variáveis. Já para a contagem de plantas daninhas aos 40 DAE, os modelos usados não conseguem explicar os valores de maneira tão precisa quanto aos citados acima.

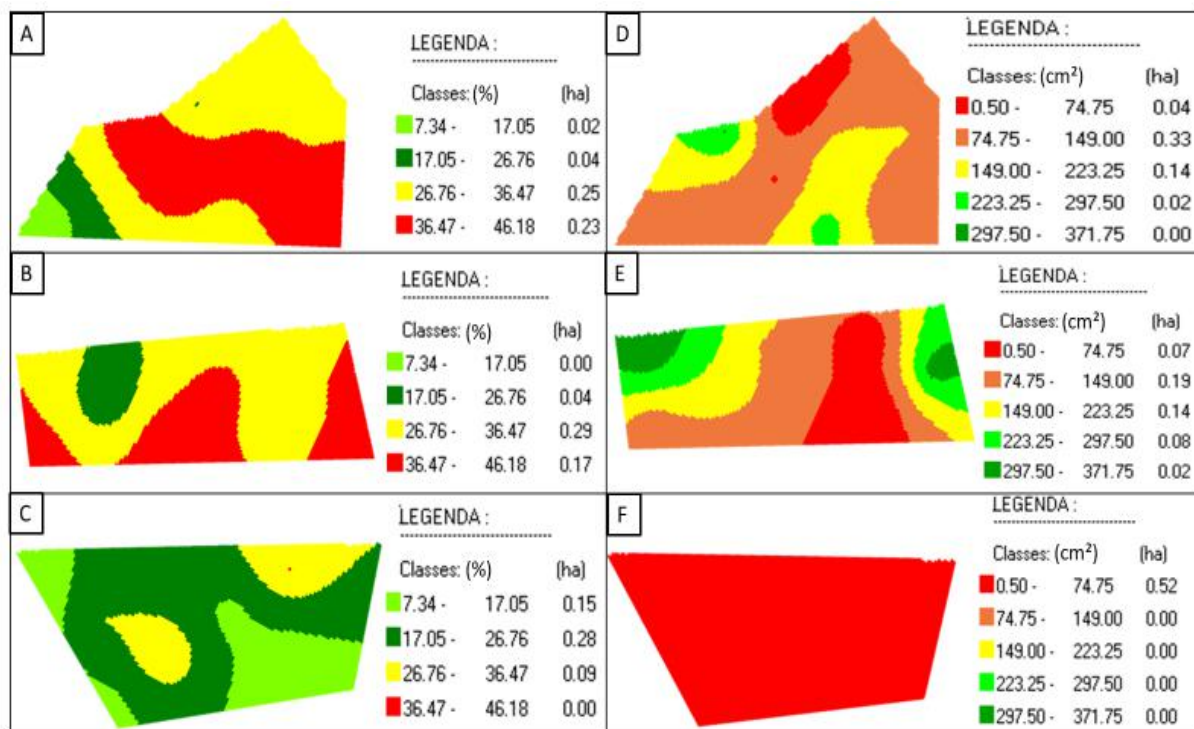
Para a variável área de solo elevado, o tratamento CMd proporcionou maior elevação do solo, 153,75 cm<sup>2</sup>, contra 138,28 cm<sup>2</sup> do CMc e 38,94 cm<sup>2</sup> do SPD. Valores indicam maior homogeneização da subsolagem no CMd quando comparada com o CMc, a qual proporcionou o contato físico da guilhotina da semeadora com o solo de maneira mais homogênea, resultando em maior elevação do mesmo. Para o SPD, pelo fato do tratamento não ter sofrido nenhum processo físico de subsolagem, apenas a passagem da guilhotina da semeadora, o mesmo apresentou menores índices de solo elevado. O desvio padrão desse parâmetro foi de 120,97 no CMd, 93,44 no CMc e apenas 16,51 do SPD que indica pontos mais próximos da média, ou seja, apresentam uma maior homogeneidade, o que pode ser comprovada com no mapa da Figura 1 – D, E e F. A menor elevação do solo no SPD, condiz com preceitos do sistema de plantio direto, os quais visam a mobilização do solo restrita à linha de semeadura, e a manutenção de resíduos culturais na superfície do mesmo (NUNES et al., 2014).

Em relação a incorporação de palha (Figura 4 - A, B e C), nota-se que o SPD apresenta menores taxas, indicando valores entre 7,34% e 36,47% de incorporação, ao mesmo tempo que no CMd foram de 17,05% a 46,18% e no CMc foram de 7,34% a 46,18%. No SPD, 55% da área encontra-se na classe 2 (17,05 - 26,76%) enquanto que o CMd e o CMc apresentaram apenas 8% da área nessa classe. O CMd apontou representatividade, cerca de 58% da área, na classe 3 (26,76 - 36,47%). A maior incorporação de palha tanto no CMc como no CMd é evidenciada ao fato do revolvimento do solo, o qual ocasionou diminuição da densidade de partículas do mesmo, por consequente, diminuiu sua compactação, resultando em uma maior mobilização de solo pela

haste sulcadora da semeadora (Figura 4 - D, E e F). O sistema de plantio direto acaba por incorporar uma menor quantidade de palha ao solo quando comparado ao cultivo mínimo, devido a menor elevação superficial de solo do mesmo. (IDO e OLIVEIRA, 2010).

A mobilização superficial (Figura 4 - D, E e F) representado pela área de elevação aponta que o subsolador com rolo destorroador e disco de corte (CMD) elevou de 0,50 a 371,75 cm<sup>2</sup> de solo, enquanto que o CMc, apresentou valores de 0,50 a 297,50 cm<sup>2</sup> e o SPD denotou todos os seus valores exclusivamente entre 0,50 e 74,75 cm<sup>2</sup> de solo elevado. No CMD cerca de 33% da área encontrou-se na classe 2 (74,75-149,00 cm<sup>2</sup>) e classe 3 (149,00-223,25 cm<sup>2</sup>). O CMc apresentou na classe 2 (74,75-149,00 cm<sup>2</sup>) aproximadamente 65% da sua área total. O SPD foi representado pela classe 1 (0 – 74,75 cm<sup>2</sup>) demonstrando uma menor mobilização do solo.

Figura 4 – Variabilidade espacial de palha incorporada e área de solo elevado na semeadura em Nitossolo Vermelho.



Legenda: Palha incorporada no CMc (A), CMD (B) e SPD (C); e Área de solo elevada CMc (D), CMD (E) e SPD (F).

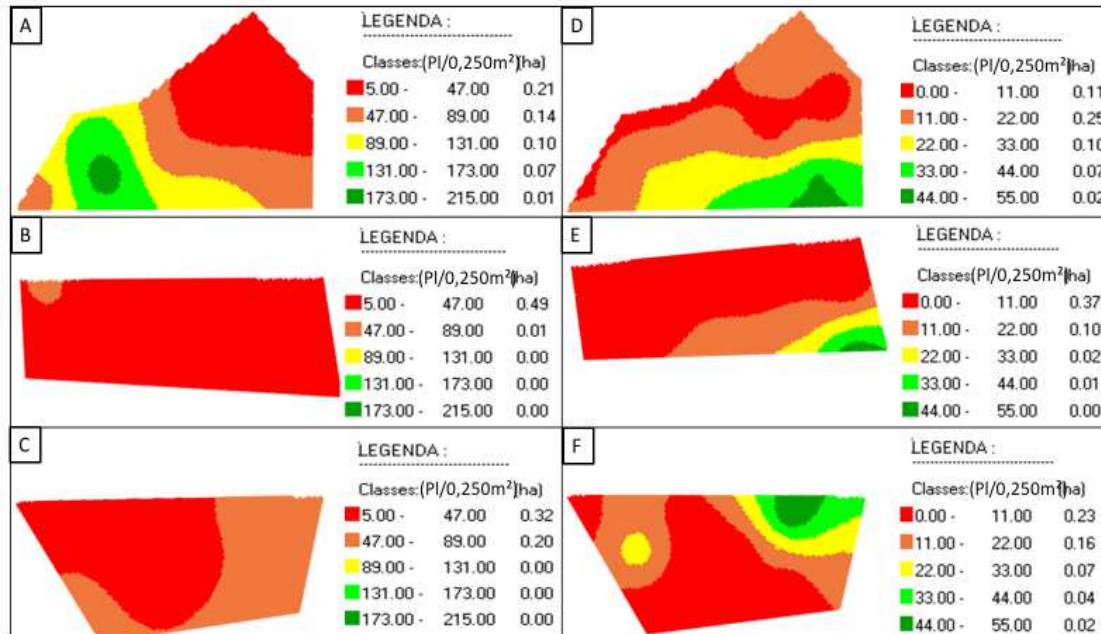
As áreas de maiores índices de solo elevado no CMD coincidem com as mesmas áreas de maiores valores de palha incorporada, fato que não ocorreu no CMc e SPD. O sistema de cultivo mínimo acaba resultando em uma maior incorporação de palha quando comparado ao sistema de plantio direto, isto pois, no plantio direto a mobilização do solo chega a no máximo 40%, enquanto que no cultivo mínimo são observados valores de até 80% de palha incorporada (IDO e OLIVEIRA, 2010).

A densidade total de plantas daninhas aos 20 dias após emergência da cultura (Figura 5 – A, B e C) indica que o tratamento CMD (B) deteve 98% da área na classe 1 (20 – 188 plantas daninhas/m<sup>2</sup>), demonstrando pouca variabilidade dessa nesse tratamento, fato que é seguido pelo SPD (C), que demonstrou 60% na classe 1 e 40% na classe 2 (188 – 356 plantas daninhas/m<sup>2</sup>). Já



no CMc (A) apresentou maior variabilidade de classes, apontando que as condições físicas do solo submetidas a esse tratamento resultaram em condições variadas de plantas daninhas na área.

Figura 5 – Variabilidade espacial da densidade de plantas daninhas aos 20 e 40 dias após emergência (DAE)



Legenda: Total de plantas daninhas aos 20 DAE no CMc (A), CMd (B) e SPD (C); e Total de plantas daninhas aos 40 DAE no CMc (D); CMd (E) e SPD (F).

O número de plantas daninhas encontrado pode ser considerado baixo para contagem aos 20 DAE e médio/alto para contagem aos 40 DAE para ambos os tratamentos. Brighenti et al. (1998), trabalhando com controle químico de plantas daninhas e fazendo a contagem aos 30 dias após emergência da cultura do milho constatou um total de aproximadamente 300 plantas daninhas m<sup>2</sup>. Já Moraes et al. (2013) analisando o efeito de coberturas do solo utilizadas antes da semeadura do milho e o uso de herbicidas para controle de plantas daninhas, demonstraram valores menores, de cerca de 12 plantas daninhas m<sup>2</sup>, fazendo a contagem aos 45 dias após a emergência.

As plantas daninhas têm influência negativa sobre o desenvolvimento da cultura do milho competindo por espaço, nutrientes e luminosidade. A perda de rendimento varia conforme estágio da cultura, espécie de planta daninha e quantidade. Para as dicotiledôneas, como a buva, 4 plantas por m<sup>2</sup> resultaram em um decréscimo de rendimento de 22% na cultura da soja (GRAZZIERO et al., 2010). Para Fontes e Gonçalves (2009), a interferência negativa de plantas daninhas pode ser responsável por reduzir em até 80% da produtividade da cultura do milho, quando as mesmas não são bem controladas (FONTES e GONÇALVES, 2009).

A densidade de plantas aos 40 DAE demonstrou variabilidade espacial em todos os tratamentos estudados, sendo que a densidade baixou, fato atribuído ao manejo cultural com aplicação de herbicidas na área e sombreamento da planta comercial. O maior estágio de desenvolvimento da cultura do milho permite uma maior interceptação de luz pelas folhas da

cultura, inibindo a germinação de sementes de espécies fotoblásticas positivas e o crescimento de plântulas (FONTES e GONÇALVES, 2009). O CMc (D) teve 50% da área com a densidade de 44-88 plantas daninhas/m<sup>2</sup>, no CMd (E) baixou para 20% nessa classe, ficando mais concentrada na densidade de 0-44 plantas daninhas, aproximadamente 70% da área. Com 46% de abrangência de área, a classe 1 foi a de domínio no SPD (F).

A palhada mantida na superfície do solo traz inúmeros benefícios físicos e químicos, bem como, vantagens de manejo ao mesmo, agindo na dormência, germinação e mortalidade das sementes de plantas daninhas (FILETI et al., 2011), provocando modificações da comunidade infestante. Tais mudanças, podem ser visualizadas nos dados de incorporação x plantas daninhas, em especial aos dados 40 DAE.

Para os tratamentos CMd e SPD, observou-se um acréscimo no número de plantas daninhas da contagem 20 para 40 DAE. Tal aumento no CMd, justifica-se pelo fato do revolvimento do solo pré semeadura, que além de ter diminuído a compactação do solo gerando maior elevação do mesmo e resultando em maior incorporação de palha pela haste sulcadora da semeadora, também acabou gerando um ambiente mais favorável para o desenvolvimento de plantas daninhas fotoblásticas positivas nesse período, aliado possivelmente com um banco de sementes mais elevado no solo em determinados pontos. No SPD esse incremento convém de um desenvolvimento inicial lento da cultura em determinados pontos, o que favoreceu uma maior incidência de luminosidade até o solo, possibilitando o desenvolvimento de plantas invasoras nos 40 DAE. No CMc, a ocorrência de plantas daninhas se deu em maiores quantidades comparativamente aos outros tratamentos, valor atribuído as características do subsolador, que após seu uso demonstrou uma maior desuniformidade de operação, o qual além de revolver um maior volume de solo, acabou por incorporar uma maior quantidade de palha. Tais fatores, somados a nova mobilização do solo pela haste sulcadora na semeadura acarretaram à uma maior exposição do banco de sementes do solo, explicando as maiores contagens (Figura 4D). O processo de revolvimento do solo acaba incorporando a palhada presente na superfície, aumentando a insolação do perfil e a temperatura do mesmo, favorecendo a emergência de plantas daninhas fotoblásticas positivas. A quebra de dormência e a germinação estão condicionadas ao suprimento de fatores vitais como o oxigênio, e a presença de luz (GAZZIEIRO et al., 2001).

Para os tratamentos CMc e CMd, a diferença de palha incorporada se fez significativa, corroborando os dados de Alves et al. (2017), que indicam uma maior incorporação de palha no CMc quando comparado ao CMd. A posto disso, compreende-se maior incidência de plantas daninhas neste mesmo tratamento.

#### **4 CONCLUSÃO**

O subsolador composto por discos de corte e rolo destorroador apresentou menores índices de solo mobilizado, palha incorporada e contagem de plantas daninhas aos 20 e 40 DAE, se comparado com o subsolador convencional.

A utilização de subsoladores convencionais ou dotados de disco de corte e rolo destorroador aumentam a incorporação da palhada e a elevação de solo, o que por consequência da desagregação das partículas sólidas realizadas pelos mesmos, e pós processo de semeadura, favorecem a maior exposição do banco de sementes e a incidência de plantas daninhas pós 5 meses da operação.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A.; CANCIAN, C.A.; RAFAIN, E.; CONTE, P.; ROSA, D.P. da. Técnicas de agricultura de precisão para qualificar a mobilização superficial de subsoladores. 2017. XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, **Anais...**, 2017.

BRIGHENTI, A.M.; SILVA, J.F.; SEDIYAMA, R.; SILVEIRA, J.S.M.; SEDIYAMA, C.S. Controle químico de plantas daninhas em cultivos sucessivos de milho e feijão. **Planta daninha**, v.16, 1998. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pd/v16n2/a04v16n2>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

CAMARGO, O.A. de; ALLEONI, L.R.F. **Efeito da compactação no crescimento de plantas. 2006**. Disponível em: < [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/C5/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C5/Index.htm) >. Acesso em 12 ago. 2019.

FILETI, M.S.; PINOTTI, E.B.; EPIPHANIO, P.D.; BARROS, B.M.C.; SILVA, T.F.; GIROTTO, M.; SILVA, D.P.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Utilização de palhada no controle de plantas daninhas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. SP. Dez. 2011. Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/XOyBJY80IbLcxLB\\_2013-5-17-17-27-51.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/XOyBJY80IbLcxLB_2013-5-17-17-27-51.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2019.

FONTES, J.R.A.; GONÇALVES, J.R.P. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho**. Circular Técnica, 33. 12p. Embrapa. Manaus, 2009. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/675149/1/CircTec322009.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S.; PRETE, C.E.C.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F. As plantas daninhas e a Semeadura Direta. **Circular Técnica**, 33. 59 p. Embrapa Soja: Londrina. 2001. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459633/1/circotec33.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S.; VOLL, E.; VARGAS, L.; KARAM, D.; MATALLO, M.B. CERDEIRA, A.L. ; FORNAROLI, D.A. ; OSIPE, R. ; SPENGLER, A.N. ; ZOIA, L. Interferência da buva em áreas cultivadas com soja. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. SP. 2010. Disponível: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/862142/1/31176.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

IDO, O.T.; OLIVEIRA, R.A. de. **Sistemas de cultivo**. Universidade Federal do Paraná-Setor de Ciências Contábeis. Disponível em: <<http://www.agriculturageral.ufpr.br/bibliografia.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Circular técnica: Embrapa Trigo, Passo Fundo, v.1, p. 32, 2000. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84084/1/CNPT-DOCUMENTOS-20-IMPLANTACAO-E-MANEJO-DO-SISTEMA-PLANTIO-DIRETO-FL-13398.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

MORAES, P.V.D de; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L.E.; OLIVEIRA, C.; VIGNOLO, G.K.; MARKUS, C. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas e desempenho produtivo da cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 497-508. 2013. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744120003.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

NUNES, M. R. **Mitigação da compactação do solo em plantio direto**. 2014. 126 p. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2014.

NUNES, M.R.; DANARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; PAULETTO, E.A.; PINTO, L.F.S.. Efeito de semeadura com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.38. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000200027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000200027&script=sci_arttext)>. Acesso em: 12 ago. 2019.

OLIVER, M.A.; WEBSTER, R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. **Catena**, v.113, p.56-69, 2014.

ROSA, D.P. da; ALVES, A.; CANSIAN, C.A.; CONTE, P. Variabilidade espacial da resistência de um nitossolo vermelho sobre diferentes tipos de subsolagem. **Cultivar Máquinas**. Edição n° 137. Fev. 2014. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/acervo/440>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.D.; SCHNEIDER, P.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. UFRGS: EMATER/RSASCAR. 2008.

TRINDADE, T.P.; LIMA, D.C. de; CARVALHO, C.A.B. de; CARDOSO, M.C.; PEREIRA, R.S. Compactação dos solos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, v.1, 2003. Belo Horizonte – MG. **Anais do 6º Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**. Belo Horizonte: SIF, 2003. Disponível em: <<http://www.sif.org.br/anais/article/view/2234/2235>>. Acesso: em 11 ago. de 2019.

TRINDADE, T.P.; LIMA, D.C. de; CARVALHO, C.A.B. de; CARDOSO, M.C.; PEREIRA, R.S. Compactação dos solos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, v.1, 2003. Belo Horizonte – MG. **Anais do 6º Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**. Belo Horizonte: SIF, 2003. Disponível em: <<http://www.sif.org.br/anais/article/view/2234/2235>>. Acesso: em 11 ago. 2019.

## QUALIDADE DE SEMEADURA DO FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ERROS DE DISTRIBUIÇÃO NA LINHA DE SEMEADURA

*Seeding quality of common bean (Phaseolus vulgaris L.) due to  
different errors of distribution in the seeding line*

Bruno Henrique Rodrigues Sangiovo<sup>1</sup>, Antônio Luis Santi<sup>2</sup>, Fagner Augusto Rontani<sup>1</sup>,  
Mariana Poll Moraes<sup>1</sup>, João Leonardo Fernandes Pires<sup>1</sup>, Romano Augusto Martini Dal Bello<sup>6</sup>,  
Renata Candaten<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Faguêense, 98400-000, Frederico  
Westphalen – RS, Brasil, [brunosangiovo@hotmail.com](mailto:brunosangiovo@hotmail.com), [fagner\\_rontani@outlook.com](mailto:fagner_rontani@outlook.com),  
[maripollmoraes@gmail.com](mailto:maripollmoraes@gmail.com), [joao.pires@embrapa.br](mailto:joao.pires@embrapa.br), [romanoaugusto1@hotmail.com](mailto:romanoaugusto1@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, RS, Linha Sete de Setembro, 98400-000, Frederico  
Westphalen – RS, Brasil, [santi\\_pratica@yahoo.com.br](mailto:santi_pratica@yahoo.com.br), [renatacandatten@outlook.com](mailto:renatacandatten@outlook.com)

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de grãos do feijoeiro em função diferentes variações de distribuição de sementes na linha de semeadura. O experimento foi conduzido em Frederico Westphalen, RS. Semeadura ocorreu dia 26/01/2018. O delineamento experimental foi de blocos com três repetições, sendo avaliados cinco níveis de variação de sementes na linha de semeadura, 0, 25, 50, 75 e 100% de coeficiente de variação. O tratamento 0% corresponde a mesma distância entre sementes. Para os demais tratamentos o cálculo partiu de distâncias já pré-determinadas encontrando os devidos coeficientes de variação. Foram utilizadas duas cultivares de feijão IPR Uirapuru e BRS Esteio. Foram avaliados 11 componentes de rendimento e a produtividade de grãos. Os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade e quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Não houve diferença significativa para a produtividade de grãos da cultura nos diferentes tratamentos em ambas as cultivares e o erro na distribuição de sementes na cultura do feijoeiro não afetou na produtividade de grãos da cultura na época estudada.

**Palavras-chave:** Plantabilidade. Distribuição de sementes. Componentes.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate bean grain yield in different functions of seed distribution variation in the sowing line. The experiment was conducted in Frederico Westphalen, RS. Sowing took place on 01/26/2018. The experimental design was a block with three replications, and five levels of seed variation in the sowing line, 0, 25, 50, 75 and 100% of variation coefficient were evaluated. The 0% treatment corresponds to the same distance between seeds. For the other treatments, the calculation started from pre-determined distances, finding the appropriate coefficients of variation. Two IPR Uirapuru and BRS Esteio bean cultivars were used. Eleven yield components and grain yield were evaluated. Data were subjected to analysis of variance

at 5% probability and when significant were submitted to Tukey test at 5% probability of error. There was no significant difference for crop grain yield in different treatments in both cultivars and the seed distribution error in bean crop did not affect the crop grain yield at the time studied.

**Keywords:** Plantability. Seed Distribution. Component.

## 1 INTRODUÇÃO

Existe atualmente várias formas de exploração da cultura do feijoeiro, no entanto, poucos povos conseguiram tirar tanto proveito desta cultura como o povo brasileiro (CEASA – PE, SD). Estando presente em todos os estados, a cultura do feijoeiro é uma das mais importantes no cenário agrícola brasileiro.

No Brasil produziram-se na safra de 2017/2018 um total de 3,12 milhões de toneladas de feijão com uma produtividade média de 982 kg/ha<sup>-1</sup>. Desse total o estado do Rio Grande do Sul contribui com 107,6 mil toneladas tendo a produtividade média de 1.830 kg/ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019), comprovando a grande participação do estado no cenário de produção de feijão. No ano de 2017, a exportação de feijão somou 106.330 mil toneladas (MAPA, 2018), a exportação do feijão é tanto por cento menor que a de outra cultura.

A falta de investimentos na cultura, como o uso de fertilizantes, defensivos e sementes certificadas acomete a baixas produtividades nos campos de produção deste grão. De acordo com Filho et al. (2005), dentre os principais problemas das baixas produtividades do feijoeiro pode-se destacar a falta de calagem nas lavouras para a reposição de cálcio e magnésio e para a correção da acidez, que se desenvolve com o tempo

Com a expansão agrícola a adoção de tecnologias para aumento das produtividades, como os cultivos conservacionistas tal como o sistema plantio direto e ferramentas da Agricultura de Precisão (AP) que possibilitam o conhecimento mais detalhado das lavouras e das plantas cultivadas, permitem que os tratos culturais realizados ao longo do ciclo das culturas sejam mais precisos (BISOGNIN, 2018). Tais tecnologias e sistema de manejo vem contribuindo significativamente para o aumento das produtividades de diferentes culturas, permitindo que o sistema de produção seja mais sustentável.

Dentre as práticas da AP uma delas seria a avaliação adequada da distribuição longitudinal das sementes na linha de semeadura.

A avaliação da distribuição longitudinal das plantas através do Coeficiente de Variação (CV%) é uma ferramenta muito importante, pois existe uma tendência de que quanto mais perfeitamente as sementes forem distribuídas de forma equidistantes na linha de semeadura, consegue-se proporcionar um menor grau de competição por recursos naturais entre as plantas, uma vez que cada planta estaria localizada a mesma distância das outras plantas vizinhas na linha (SCHUCH, 2008), proporcionando maior potencial de rendimento de massa de grãos e maior produtividade por hectare cultivado.

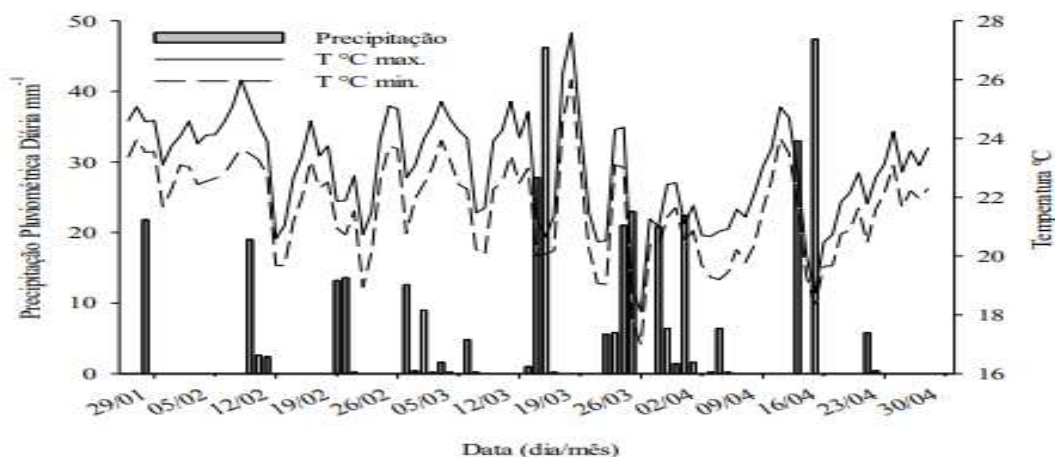
Avaliando os caracteres morfológicos das plantas do feijoeiro sob diferentes densidades populacionais Ribeiro et al. (2004) verificaram que a cultura tem poder compensatório devido sua plasticidade, aumentando a produção de grãos por planta com a diminuição da população, porém a hipótese é que este efeito pode não ser observado quando existe uma baixa qualidade de distribuição de sementes, devido a característica morfológica e de ciclo curto da cultura, quando comparado com espécies que possuem ciclos vegetativos maiores, ocasionando perdas de produtividade por área.

Desta forma objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento da cultura do feijoeiro em função de erros na distribuição de sementes na linha de semeadura.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2018 na condição de safrinha. A área escolhida para a realização do trabalho localiza-se na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen - RS (UFSM – FW) situado nas coordenadas 27°23'51.04" Sul e 53°25'40.16" Oeste, a 486 metros de altitude. O solo foi classificado conforme a EMBRAPA (2018) como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. A classificação climática de acordo com Köppen é do tipo CFA ou subtropical úmido com pluviosidade em torno de 2000 mm bem distribuídos ao longo do ano (MALUF, 2000). As condições climáticas durante o ciclo de cultivo foram ideais. Os dados meteorológicos que ocorreram ao longo do ciclo da cultura são apresentados na figura 1.

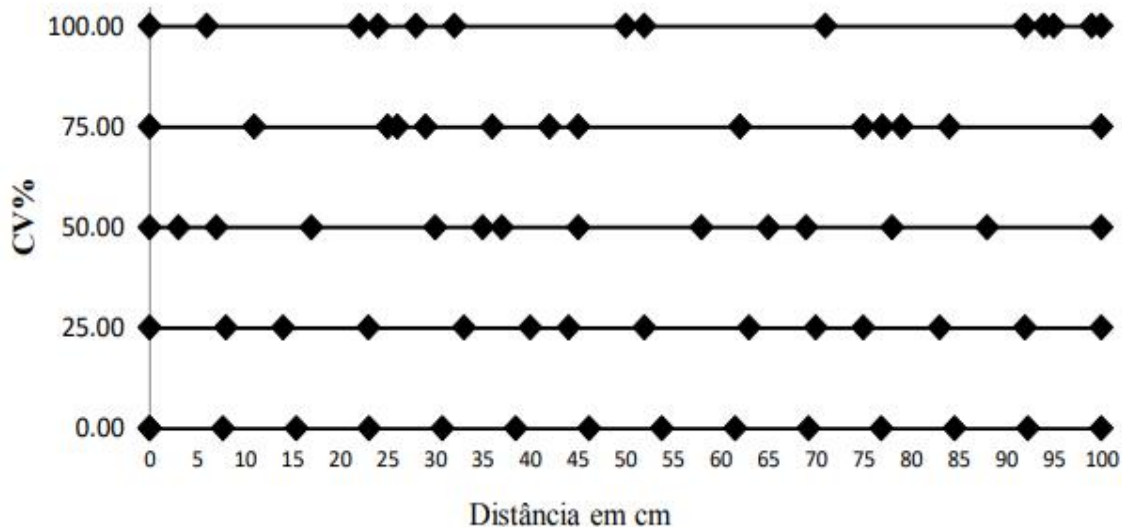
Figura 1 – Precipitação diária, temperatura máxima e mínima ao longo do ciclo da cultura. Frederico Westphalen – RS, 2018.



Fonte: Adaptado de INPE (2018).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados (DBC) em esquema fatorial, onde foram utilizadas duas cultivares de feijão, com três repetições. O tamanho das parcelas eram 3m x 4m, totalizando 12 m<sup>2</sup> cada. Foram utilizados cinco diferentes (CV%) de distribuição de sementes na linha de semeadura (0, 25, 50, 75 e 100%). O tratamento 0% de coeficiente de variação equivale a distribuição das plantas perfeitas na linha de forma equidistante. Para os demais tratamentos 25, 50, 75 e 100% de coeficiente de variação, foi realizada a simulação dos erros de distribuição em planilhas de excel, e realizado o cálculo a partir da fórmula do CV, até encontrar os valores desejados. As distribuições das sementes na linha estão representadas na figura 2.

Figura 2- Distribuição espacial de planta de feijoeiro distribuídas na linha de semeadura em função dos coeficientes de variação. Frederico Westphalen, 2018.



Fonte: Sangiovo (2018)

A cultura anterior ao feijoeiro foi a do trigo. A semeadura foi realizada manualmente nos dias 26 de janeiro de 2018, utilizando um espaçamento entre linhas de 0,45 m e 13 sementes por metro linear totalizando 288.888,89 plantas por hectare. As cultivares utilizadas no trabalho foram a IPR Uirapuru e a BRS Esteio.

A adubação foi realizada de acordo com as recomendações oficiais para a cultura (CQFS RS/SC, 2016) tendo como expectativa de produtividade de 3000 kg ha<sup>-1</sup>. A adubação fosfatada foi feita na linha de semeadura com a utilização de superfosfato triplo, na dose de 278 kg ha<sup>-1</sup>, a adubação potássica foi realizada a lanço no dia da semeadura na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, e a adubação nitrogenada foi realizada com 44 kg ha<sup>-1</sup> de ureia na linha de semeadura, e 155 kg ha<sup>-1</sup> de ureia em cobertura.

Tabela 1 – Valores dos atributos químicos da área do presente estudo. Frederico Westphalen – RS, 2018.

**Atributos físico-químicos do solo** <sup>(\*)</sup>

Argila (%)	pH (água)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	MO (%)	V (%)	Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
51,0	5,9	5,1	78,5	7,8	3,9	2,3	78,1	0,0	15,2

<sup>(\*)</sup>; P (fósforo); K<sup>+</sup> (potássio); Ca<sup>2+</sup> (cálcio); Mg<sup>2+</sup> (magnésio); MO (matéria orgânica); V (saturação por bases); Al<sup>3+</sup> (alumínio); CTC (capacidade de troca de catiônica a pH 7,0).



A colheita foi realizada manualmente no dia 28 de abril de 2018. A área colhida para a determinação da produtividade foi de 2 linhas de 3 metros lineares totalizando 2,7 m<sup>2</sup>. A trilha foi realizada manualmente batendo-se as plantas em sacas e posteriormente limpando os grãos dos restos culturais. Os grãos obtidos foram pesados e a umidade corrigida para 13% e posteriormente extrapolado para kg ha<sup>-1</sup>. Os mesmos grãos utilizados para a determinação da produtividade foram utilizados para a determinação do PMG, onde este foi obtido a partir da avaliação de 8 repetições de 100 grãos cada (BRASIL, 2009).

Para a determinação dos componentes de rendimento, foram coletadas 10 plantas em sequência em uma mesma linha quando as plantas se apresentavam em ponto de colheita, e posteriormente avaliadas em laboratório. Os componentes de rendimento avaliados foram: número de ramos (NR), número de legumes nos ramos (NLNR), número de nós férteis na haste principal (NNFHP) número de nós férteis nos ramos (NNFNR), número de grãos nos ramos (NGNR), número de grãos na haste principal (NGHP), número de legumes na haste principal (NLHP) e nós férteis na haste principal (NFHP) obtidos por contagem direta. A altura da base do primeiro legume (ABPL), altura de inserção do primeiro legume (AIPL) e altura da planta até o último legume (APUL) foram obtidos através da mensuração com uma fita métrica.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste de F, com significância de 5%, e quando significativos submetidos ao teste de Tukey (p<0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico GENES.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise estatística realizada não se observaram diferença significativa para todas as variáveis em ambas as cultivares na interação cultivar versus CV. Isso pode ter ocorrido devido as boas condições climáticas, com bons regimes hídricos e temperaturas favoráveis ao desenvolvimento da cultura, não sofrendo o efeito dos erros de distribuição de sementes na linha de semeadura. Os valores obtidos através da análise de variância estão representados na tabela 2.

As produtividades de grãos não foram afetadas pelas simulações de coeficiente de variação simulações, de coeficiente de variação, utilizados na linha, diferindo dos resultados obtidos por Bisognin (2018), onde que em seu trabalho ele constata que há perdas de 163 kg ha<sup>-1</sup> a cada 20% de aumento do coeficiente de variação de semeadura. Temos que levar em consideração que o ambiente para as plantas cultivadas varia de acordo com o ano agrícola, época de semeadura, o local e a população de plantas, sendo que muitas destas variáveis não podem ser controladas (COSTA et al., 2008). Avaliando população de plantas e espaçamentos entre linhas de semeadura em feijoeiro irrigado, chegaram à conclusão de que a cultura não sofre alterações na produtividade com populações de plantas de 175 a 325 mil plantas ha<sup>-1</sup> e espaçamento entre linhas de 35 a 65 cm, evidenciando certa capacidade de plasticidade da cultura Jadoski et al. (2000).

Tabela 2 – Análise de variância para as variáveis peso de mil sementes (PMS), número de ramos (NR), número de legumes nos ramos (NLNR), número de nós férteis nos ramos (NNFNR), número de grãos nos ramos (NGNR), altura da base do primeiro legume (ABPL), altura inserção do primeiro legume (AIPL), altura de planta até último legume (APUL), número de grãos na haste principal (NGHP), número de legumes na haste principal (NLNHP), número de nós férteis na haste principal (NNFHP) e produtividade (PROD).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>PMS</b>	<b>NR</b>	<b>NLNR</b>	<b>NNFNR</b>	<b>NGNR</b>	<b>ABPL</b>
CULTIVAR	1	179,438 <sup>ns</sup>	3,960**	47,628**	20,567**	1464,405**	358,456**
CV	4	67,822 <sup>ns</sup>	0,067 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	31,69 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>ns</sup>
CULTIVAR*CV%	4	56,405 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>	0,672 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	21,89 <sup>ns</sup>	6,773 <sup>ns</sup>
BLOCO	2	40,428	0,712	6,361	2,55	135,91	47,29
ERRO	18	73,246	0,231	2,60	1,232	62,811	10,311
MEDIA		243,87	1,04	2,713	1,952	13,833	16,083
CV%		3,51	46,09	59,43	56,86	57,29	19,965
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>AIPL</b>	<b>APUL</b>	<b>NGHP</b>	<b>NLNHP</b>	<b>NNFHP</b>	<b>PROD</b>
CULTIVAR	1	341,381**	53,333 <sup>ns</sup>	629,29**	22,02 <sup>ns</sup>	4,64*	311620,40 <sup>ns</sup>
CV	4	3,12 <sup>ns</sup>	9,94 <sup>ns</sup>	12,88 <sup>ns</sup>	3,40 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	7066,43 <sup>ns</sup>
CULTIVAR*CV%	4	8,104 <sup>ns</sup>	23,90 <sup>ns</sup>	72,24 <sup>ns</sup>	6,35 <sup>ns</sup>	0,458 <sup>ns</sup>	64495,78 <sup>ns</sup>
BLOCO	2	59,02	47,649	34,87	16,07	2,21	134513,99
ERRO	18	11,48	39,788	42,66	5,58	1,03	115037,76
MEDIA		24,674	56,50	48,51	8,66	5,81	2742,411
CV%		13,734	11,16	13,46	27,28	17,44	12,37

ns – não significativo. \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A cultura do feijoeiro possui capacidade de plasticidade e a capacidade da planta em ajustar os componentes de produção pode facilitar a manutenção de um nível estável de produtividade por área, se no desenvolvimento a variação de um componente compensar a variação de outro (COSTA et al., 1983). A plasticidade que a cultura apresenta, aliado as boas condições climáticas ocorridas favoreceu o desenvolvimento das plantas no período agrícola em que a cultura foi cultivada, compensando assim os erros de semeadura, não afetando significativamente a produtividade de grãos por área.

Quando se compara cultivar versus cultivar observa-se significância para as variáveis número de ramos, número de legumes nos ramos, número de nós férteis nos ramos, número de grãos nos ramos, altura da base do primeiro legume, altura de inserção do primeiro legume, número de grãos na haste principal, número de nós férteis na haste principal. No entanto, as variáveis altura de planta até último legume, número de legumes na haste principal, peso de mil sementes, e produtividade não apresentaram efeito significativo. (Figura 3).

Tabela 3 – Valores médios das variáveis Número de ramos (NR), Número de legumes nos ramos (NLNR), Número de nós férteis nos ramos (NNFNR), Número de grãos nos ramos (NGNR), Altura da base do primeiro legume (ABPL), Altura de inserção do primeiro legume (AIPL), Altura de planta até ultimo legume (APUL), Número de grãos na haste principal (NGHP), Número de legumes na haste principal (NLNHP), Número de nós férteis na haste principal (NNFHP), Peso de mil sementes (PMS) e Produtividade (PROD) das cultivares BRS Esteio e IPR Uirapuru.

Cultivar	NR	NLNR	NNFNR	NGNR	ABPL	AIPL
ESTEIO	1.41 a	3.97 a	2.78 a	20.82 a	12.63 b	21.3 b
UIRAPURU	0.68 b	1.45 b	1.12 b	6.85 b	19.54 a	28.05 a
Média	1.045	2.71	1.95	13.83	16.08	24.67
Cultivar	APAUNR	NGNPH	NLNHP	NNFHP	PMS	PROD
ESTEIO	55.17 a	53.09 a	9.51 a	6.2 a	246.31 a	2844,33 a
<u>UIRAPURU</u>	<u>57.84 a</u>	<u>43.93 b</u>	<u>7.8 a</u>	<u>5.41 b</u>	<u>241.42 a</u>	<u>2640.49 a</u>
Média	56.5	48.51	8.65	5.8	243.86	2742.41

A cultivar UIRAPURU foi superior nas variáveis de altura de base do primeiro legume e altura de inserção do primeiro legume. Estas características que a cultivar apresenta são de grande importância para a cultura do feijoeiro, pois quanto mais alto o legume esta em relação ao solo, facilita a colheita mecanizada da cultura (SALGADO, 2012), favorecendo a redução das perdas de grãos durante a colheita. Pode-se observar que as variáveis número de ramos, número de legumes nos ramos, número de nós férteis nos ramos, número de grãos nos ramos, número de grãos na haste principal, número de nós férteis na haste principal, foram superiores no cultivar ESTEIO.

Essas variáveis podem ser explicadas por serem características das cultivares mais afetadas pela genética (ARAÚJO et al., 2013), pelas condições ambientais (ARF et al., 1996), e ainda pela existência da interação genótipos e ambientes, o que faz com que ocorra diferenças no comportamento das cultivares em determinados locais, anos agrícolas, épocas e densidades de semeadura (RAMOS JÚNIOR et al., 2005).

#### 4 CONCLUSÃO

O erro de distribuição de sementes na linha de semeadura não influenciou a produtividade de grãos e os componentes de rendimento da cultura do feijoeiro comum em ambas as cultivares, nas condições de clima e manejo estudadas.

#### REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. P.; FERNANDES, R. C.; MELO, L. C.; FERREIRA, E. P. B.; GUERRA, J. G. M. Produção de cultivares de feijoeiro sob sistema orgânico de produção. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 28 de julho a 2 de agosto de 2013, **Anais...** Florianópolis/SC.

ARF, O.; SÁ, M. E.; OKITA, C. S.; TIBA, M. A.; NETO, G. G.; OGASSAWARA, F.Y. Efeitos de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 629-634, setembro 1996.

BISOGNIN, M. B. **Plantabilidade e sua relação com a produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L.) de segunda safra**. 2018. 45f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

CEASA – PE. **A importância do feijão na agricultura brasileira**. Disponível em: <<http://www.ceasape.org.br/noticias/a-importancia-do-feijao-na-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 14/06/2019.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento Da Safra Brasileira**. V. 6 - SAFRA 2018/19 - N. 5 - Quinto levantamento | FEVEREIRO 2019.

COSTA, J. G. C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S. M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18., n.2., p. 159-167. fev. 1983.

COSTA, J. G. C.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA L. C. **Avaliação da plasticidade morfológica de cultivares de feijoeiro comum**. Documentos, IAC, Campinas, 85, 2008

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF : Embrapa, 2018.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO R.; WOISCHICK, D.; PETRY, M. T.; FRIZZO. Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.4, p.567-573. 2000.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SECRETARIA EXECUTIVA. **Plano nacional para o desenvolvimento da cadeia produtiva do feijão e pulses**. VERSÃO - 02 de fevereiro de 2018.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; TRENTIN, M. Alterações em caracteres agromorfológicos em função da densidade de plantas em cultivares de feijão. **R. bras. Agrocência**, v.10, n. 2, p. 167-173, abr-jun, 2004.

SALGADO, F. H. M. et al. Efeito do nitrogênio em feijão cultivado em terras altas no sul do estado do Tocantins. **Ambiência**, Guarapuava, v.8, n. 1, p.125- 136, 2012

SCHUCH, L. O B.; PESKE, T. P. **Falhas e duplos na produtividade**. 2008. Disponível em: . Acesso em: 26 de fevereiro de 2019.

# ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR

## SPACE DEPENDENCE ANALYSIS OF DISPLACEMENT SPEED OF A SUGAR CANE HARVEST

Eduardo P. Angelo<sup>1</sup>, Carla S. S. Paixão<sup>2</sup>, Alex R. Gonzaga<sup>3</sup>, Murilo Ap. Voltarelli<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos UFSCar, campus Buri, SP, Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 - Aracaçu, 18290-000, Buri - SP, Brasil, [eduardoangelo@estudante.ufscar.br](mailto:eduardoangelo@estudante.ufscar.br)

<sup>2</sup>Universidade de Sorocaba / Centro Universitário Moura Lacerda, Sorocaba/Ribeirão Preto – SP Av. Dr. Oscar de Moura Lacerda – Independência, 14076-510 Ribeirão Preto – SP, Brasil,

[carla.paixao@prof.uniso.br](mailto:carla.paixao@prof.uniso.br)

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, S/N – Vila Industrial, 14884-900, Jaboticabal – SP, Brasil, [alexgonzaga.agr@gmail.com](mailto:alexgonzaga.agr@gmail.com)

### RESUMO

A velocidade de deslocamento da máquina durante a colheita mecanizada da cana-de-açúcar tem influência na qualidade da operação, uma vez que pode ajudar a minimizar os índices de danos e abalos às soqueiras. Diante disso, objetivou-se neste trabalho determinar a variabilidade espacial da velocidade de deslocamento de uma colhedora de cana-de-açúcar. O trabalho foi realizado em área agrícola de uma unidade produtora da cultura, na região de Ribeirão Preto - SP, Brasil. O porte do canavial foi determinado 20, 38, e 42% de colmos deitados, acamados e eretos, respectivamente. Foi utilizado o software GS+ para a elaboração do semivariograma. A velocidade média de colheita foi de 7,42 km h<sup>-1</sup>. Com isso é possível observar que a velocidade de deslocamento apresentou dependência espacial entre as amostras coletadas.

**Palavras-chave:** Geoestatística, Máquinas Agrícolas, Colheita mecanizada.

### ABSTRACT

Machine travel speed during mechanized sugarcane harvesting has an influence on the quality of the operation, as it can help to minimize damage and damage to brass knuckles. Thus, the aimed of this work was to determine the spatial variability of the displacement speed of a sugarcane harvester. The work was carried out in an agricultural area of a culture production unit, in Ribeirão Preto - SP, Brazil. Sugarcane size was determined 20, 38, and 42% of lying, bedridden and erects stalks, respectively. The GS + software were used to elaborate the semivariogram. The average harvest speed was 7.42 km h<sup>-1</sup>. Thus, it is possible to observe that the displacement velocity presented spatial dependence between the collected samples.

**Keywords:** Geostatistics, Agricultural machinery, Mechanized Harvest.

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade operacional da colheita mecanizada da cana-de-açúcar é importante para tentar minimizar perdas, reduções na qualidade da matéria prima e aumentar a longevidade do canavial (RIPOLI, 2009). Essa qualidade é avaliada por meio das considerações da eficácia da capacidade

operacional, e também nas diversas operações do processo, tais como: Qualidade do material colhido, índices de perdas, qualidade do corte basal, níveis de danos e abalos às soqueiras, entre outros.

À vista disso, um dos fatores que podem influenciar a qualidade das operações é a velocidade de deslocamento da colhedora. SEGATO (2011) relatou, através do desempenho operacional de colhedoras, que quanto maior a velocidade de deslocamento, maior as perdas de cana. Ainda assim, quanto maior a velocidade de deslocamento maior a influencia no aumento dos índices de abalos às soqueiras (MARQUES, 2011).

Para a mensuração da velocidade de trabalho ao longo da colheita, é necessário utilizar sensores dispostos nas colhedoras, junto com o sistema de posicionamento global (GPS) para determinar a velocidade de trabalho. Tais ferramentas constituem um elenco de tecnologias e procedimentos chamados de princípios para a Agricultura de Precisão (AP), que objetiva a otimização de lavouras e sistemas de produção, por meio do gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores envolvidos (MOLIN, 2004).

Uma das principais ferramentas aplicadas à AP é a geoestatística, que permite a caracterização e o modelamento da variabilidade espacial através de estimativas dos valores nos locais não amostrados, simulações espaciais e otimização do esquema de amostragem (CAMBARDELA et al., 1994).

Neste contexto, partindo do princípio que a dependência espacial possa ser afetada para as variáveis de desempenho operacional durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar, objetivou-se no presente trabalho determinar a variabilidade espacial da velocidade de deslocamento de uma colhedora de cana-de-açúcar.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área agrícola de uma unidade produtora de cana-de-açúcar, na região de Ribeirão Preto - SP, Brasil, com altitude de 522 metros. A declividade média da área, onde foi realizado o ensaio, era de 2%, sendo que o clima predominante é Aw, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área colhida possuía classificação textural como média, apresentando 52% de areia, 5% de silte e 43% de argila.

O porte do canalial foi avaliado, utilizando-se de um triângulo retângulo padrão, de acordo com a metodologia proposta por RIPOLI (1996), na qual foram determinados 10; 38 e 52% de colmos deitados, acamados e eretos, respectivamente. A variedade colhida foi a RB86-7515, estando no primeiro corte. A produtividade média da área colhida ao longo do monitoramento da colhedora foi de 102,91 Mg ha<sup>-1</sup>.

A colhedora utilizada possuía as seguintes características técnicas: motor AGCO Power, MAR-1, motor com 9,8 L, sete cilindros e potência de 260 kW (354 cv), sendo equipada com o sistema AgCommand com rodados de esteiras e bitola de 1,88 m. Esta colhedora possuía o sistema automático de direcionamento (piloto automático) durante a operação. A máquina colhe somente uma fileira, no espaçamento de 1,50 m. Esta colhedora possuía uma quantidade de hora-motor de 1800h e hora de elevador 1390h. A hora de elevador representa a quantidade de horas que a máquina efetivamente realizou a colheita. A velocidade média de trabalho previamente estabelecida (pelos gestores da unidade produtora) para a operação foi 5,5 km h<sup>-1</sup>.

A variável analisada foi à velocidade de trabalho da colhedora de cana-de-açúcar, sendo os dados coletados por meio do receptor GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite)

instalado na cabine da mesma. Os sinais recebidos pela antena receptora eram enviados ao computador de bordo, na qual as informações foram armazenadas em um pen-drive e posteriormente, levadas ao laboratório de informática para processamento e análise dos dados. A coleta dos valores de velocidade foi realizada com um intervalo de tempo de coleta de três segundos.

Como análise inicial, os dados foram submetidos à estatística descritiva, para permitir a visualização geral de seu comportamento. Esta análise assume os dados como sendo independentes entre si, não considerando a influência do local de amostragem e suas posições relativas. Por fim, a demonstração geral do comportamento dos dados foi realizada calculando-se as medidas de tendência central (média) e medidas de dispersão (desvio-padrão, coeficiente de variação, valor mínimo, máximo e variância), bem como os coeficientes de assimetria e curtose. A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Ryan-Joiner, sendo uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade, conferindo maior rigidez à análise (NOIMAN et al., 2013).

A dependência espacial foi avaliada utilizando técnicas da geoestatística, baseado nas pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca, onde a variância da diferença depende somente da distância entre os pontos amostrais e não da posição em que eles se encontram, e também pela análise de semivariogramas (ROBERTSON, 1998).

As semivariâncias determinadas em função da distância entre os pontos foram calculadas de acordo com a Equação 1.

$$y^*(h) = \frac{1}{2N} * \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - (x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Em que,

$\gamma^*$  = Semivariograma;

$N(h)$  = O número de pares experimentais separados por uma distância  $h$ ;

$Z(x_i)$  = Valor determinado em cada ponto amostrado;

$Z(x_i + h)$  = Valor medido em um ponto mais uma distância  $h$ .

Outra variável determinada através do semivariograma é o alcance ( $a$ ), que indica o limite da dependência espacial dos atributos de estudo, ou seja, determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória e, por isso, são independentes entre si, podendo ser aplicada a estatística clássica (SILVA et al., 2003). Porém, quando tais determinações são realizadas a distâncias menores que o alcance, existe uma correlação entre elas, possibilitando assim o uso de interpolações para os espaçamentos menores que os amostrados.

Em seguida, os semivariogramas foram escalonados pela variância dos dados, de acordo com VIEIRA et al. (1997). O semivariograma escalonado  $\gamma^*e$  e foi calculado pela equação 2.

$$y^*e = \frac{y_i^*(h)}{S^2} \quad (2)$$

Em que,

$i$  = vai de 1 até o número de variáveis medidas;

$S^2$  = Valor da variância dos dados.

Foram testados os semivariogramas dos tipos esférico, exponencial, linear e gaussiano. A escolha dos modelos teóricos foi realizada de acordo com a soma do quadrado dos resíduos (SQR), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), e o coeficiente de correlação obtido pela técnica da validação cruzada (SILVA et al., 2003). Para análise do grau de dependência espacial (GDE) foi utilizada a relação  $C1/(C0 + C1)$ , classificada segundo ZIMBACK (2001) como forte ( $GDE \geq 0,75$ ), moderada ( $0,25 \leq GDE < 0,75$ ) e baixa dependência ( $GDE < 0,25$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A velocidade de deslocamento da colhedora de cana-de-açúcar apresentou distribuição não normal do conjunto de dados de acordo com o teste de normalidade Ryan-Joiner (Tabela 1). A condição de não normalidade do conjunto de dados pode ser evidenciada pelos coeficientes de assimetria e de curtose, sendo que valores distantes de zero podem ser indicativos da não normalidade. O coeficiente de assimetria negativo (-0,46) apresenta uma curva de distribuição dos dados alongada a esquerda, em relação a normal, enquanto a maior quantidade dos valores de velocidades estão à direita (maiores valores coletados). Por outro lado, o coeficiente de curtose (2,81) apresentou valor elevado o que caracteriza uma curva de distribuição leptocúrtica (mais afunilada, em relação à curva normal).

Tabela 1. Estatística descritiva para a velocidade de deslocamento de uma colhedora de cana-de-açúcar.

Parâmetro	Média	s	Variância	Mínimo	Máximo	Cs	Ck	RJ
Velocidade	7,42	0,251	0,062	6,41	8,08	-0,46	2,81	0,961

Média geral ( $\text{km h}^{-1}$ ); s: Desvio padrão; Cs: Coeficiente de assimetria; Ck: Coeficiente de curtose; RJ: Valor do teste de normalidade de Ryan-Joiner.

Os valores que indicam a dispersão do conjunto de dados (desvio padrão, variância, mínimo e máximo), apresentaram valores baixos ao longo da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, podendo indicar pouca variação do conjunto de dados.

Para uma análise do efeito do teste geoestatístico, foi elaborado um semivariograma (Tabela 2) para descrever a velocidade de trabalho durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,839, em contrapartida a soma de quadrados do resíduo (SQR) foi de 0,0064. A soma de quadrados do resíduo é um parâmetro rígido quando se comparado ao coeficiente de determinação, o que propicia uma medida mais exata do modelo que se ajusta aos dados (ROBERTSON, 1998).



Tabela 2. Dados do semivariograma escalonado para a velocidade deslocamento de uma colhedora de cana-de-açúcar.

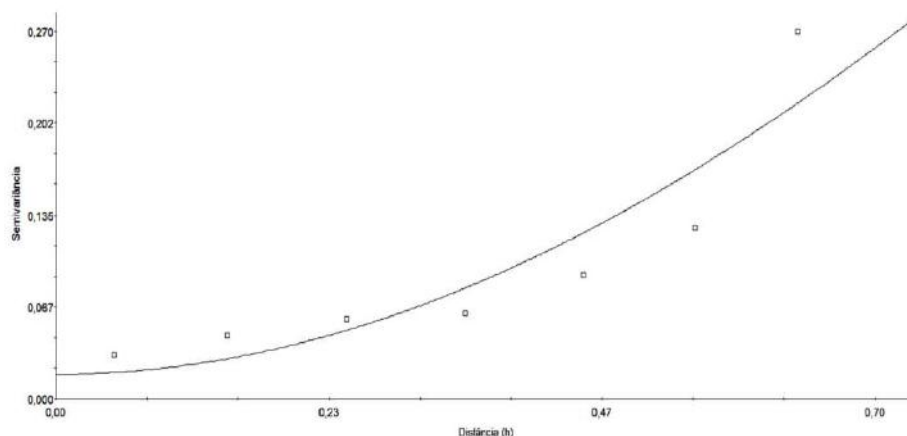
Parâmetro	Modelo	$C_0$	$C_0 + C_1$	$a$	IDE	$R^2$	SQR	GDE
Velocidade	Gaussiano	0,018	1,75	1,81	0,99	0,839	6,44 E-03	Forte

$C_0$  = efeito pepita;  $C_0 + C_1$  = patamar;  $a$  = alcance da dependência espacial (m); IDE = índice de dependência espacial;  $R^2$  = coeficiente de determinação do modelo; GDE = grau de dependência espacial; SQR = soma de quadrados do resíduo.

O alcance apresentado foi de 1,81 metros, indicando uma distancia limite para a existência da dependência espacial entre as velocidades. O efeito pepita ( $C_0$ ) foi de 0,018, esse efeito representa a variância não explicada ou ao acaso, ocasionada por variações que não podem ser detectadas (VIEIRA, 2009). Ainda assim, o efeito refletiu no grau de dependência espacial (GDE), indicando uma forte correlação espacial entre os pontos vizinhos.

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Gaussiano (Figura 1), este, é considerado um modelo transitivo, e comumente usado para modelar fenômenos extremamente contínuos (ISAAKS E SRIVASTAVA, 1989).

Figura 1. Semivariograma para a velocidade de deslocamento da colhedora.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A dependência espacial da velocidade de deslocamento foi confirmada por meio do acompanhamento dos pontos com a curva do gráfico, demonstrando assim uma uniformidade na distribuição, onde foi rejeitada a hipótese de ausência da dependência. Nesse sentido, a velocidade de trabalho pode interferir no consumo de combustível (L/h e L/ha), fazendo com que o mesmo aumente ou diminua, no caso do represente trabalho provavelmente o consumo de óleo diesel aumente.

Outro fator, que pode ser levado em consideração é aumento da capacidade efetiva de trabalho da operação, uma vez que o valor médio quantificado na colheita foi superior ( $7,42 \text{ km h}^{-1}$ ) ao valor estipulado pelos gestores ( $5,5 \text{ km h}^{-1}$ ). Em contrapartida, o aumento da velocidade de trabalho pode diminuir os níveis de qualidade da operação, fazendo com que possa aumentar os níveis de perdas na colheita, bem como afetar a qualidade do corte basal, resultando em maiores níveis de danos e abalos às soqueiras. Vale ressaltar que quanto maior os níveis de danos às soqueiras, maior a probabilidade de haver falhas na rebrota do canavial.

#### 4 CONCLUSÃO

A velocidade de trabalho da colhedora de cana-de-açúcar apresentou dependência espacial entre as amostras coletadas e valores menores que o alcance podendo contribuir para a estimativa de valores em locais não quantificados.

O método geoestatístico aplicado apresenta-se viável para a determinação da variabilidade espacial da velocidade de trabalho da colhedora de cana-de-açúcar.

#### REFERÊNCIAS

- CAMBARDELA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of American Journal**. V.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York, Oxford University Press, 1989. 561p.
- MARQUES, D. B. **Qualidade da colheita de mudas de cana-de-açúcar para o plantio mecanizado em sistema MEIOSI**. 2011. 29 f. Monografia (Graduação em Agronomia: Área de concentração em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de esquita Filho", Jaboticabal, 2011.
- MOLIN, J. P. **Utilização de GPS em Agricultura de Precisão**. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.17, n.3, p.121-132, 2004.
- NOIMAN, S. A.; BROWN, L. D.; BUJA, A.; ROLKE, W. R.; STINE, R. A. **The power to see: A new graphical test of normality**. The American Statistician, v.67, n.4, p. 249-260, 2013.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009. 333 p.
- RIPOLI, T.C.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos "Luiz de Queiroz", 1996. cap.13, p.635-73.
- ROBERTSON, G. P. **GS+: geostatistics for the environmental sciences**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998, 152 p.
- SEGATO, S. V.; DAHER, F. Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. **Nucleus**, v.8, 2011. p. 315-326.
- SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJO, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Arênico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1013-1020, 2003.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In. NOVAES, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E G. R. **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1. p.2-54.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, v.56, n.1, p.1-13, 1997.

VIEIRA, S. R.; FILHO, O. G.; CHIBA, M. K.; CANTARELLA, H. Spatial variability of soil chemical properties after coffee tree removal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1507-1514, 2009.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia) - FCA-UNESP, Botucatu, 2001.

## **MODALIDADES: DESCRIÇÃO DE CASOS TÉCNICOS E RELATOS DE EXPERIÊNCIA EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

## RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO EM UM NITOSSOL VERMELHO DISTROFÉRICO CONDUZIDO EM TRÊS TIPOS DE USO

*Mechanical resistance of the soil to penetration in a dystroferic red nitosol conducted in three kinds of use*

**Modalidade:** Descrição de Caso Técnico

Daniela da Silva<sup>1</sup>, Ânderson Scalvi Somer<sup>1</sup>, Artur Zancan<sup>1</sup>, Júlio Tagliari Balestrin<sup>1</sup>,  
Micheli Rita Cassol<sup>2</sup>, Rosana Deliberal<sup>1</sup>, David Peres da Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmicos de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Sertão, Rodovia RS 135 km 25 – Distrito Eng.º Luiz Englert, 99170-000, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [daniela.dsillva@gmail.com](mailto:daniela.dsillva@gmail.com), [andersonssommer@gmail.com](mailto:andersonssommer@gmail.com), [zancan.artur@gmail.com](mailto:zancan.artur@gmail.com), [juliotbalestrin@gmail.com](mailto:juliotbalestrin@gmail.com), [rosanadeliberal@hotmail.com](mailto:rosanadeliberal@hotmail.com)

<sup>2</sup>Eng.ª Agr., Sertão – RS, Brasil, [micheli.ifrs@gmail.com](mailto:micheli.ifrs@gmail.com)

<sup>3</sup>Eng. Agrícola, Prof. Doutor do IFRS-Campus Sertão, NESMA, Sertão – Rio Grande do Sul, Brasil, [david.darosa@sertao.ifrs.edu.br](mailto:david.darosa@sertao.ifrs.edu.br)

### RESUMO

A resistência do solo à penetração é utilizada para expressar a resistência ao crescimento das raízes frente ao estado físico do solo. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em um Nitossolo Vermelho Distroférico com três sistemas de manejo. O estudo foi realizado no município de Sertão-RS, em solo com três diferentes usos: produção de grãos, pastagem e mata nativa. Foi avaliada a resistência mecânica do solo à penetração em quatro camadas: 0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,15m e 0,15-0,20m. Os resultados demonstram que a resistência à penetração do solo apresenta distribuição dependente do manejo da área amostrada, sendo que na área de grãos e pastagem os valores de resistência à penetração atingem a classe de 1636,44 kPa a 2091,87 kPa. O efeito do manejo sobre a resistência mecânica torna-se evidente entre profundidades de 0,10 a 0,20 m do solo.

**Palavras-chave:** Compactação. Camadas. Penetrômetro.

### ABSTRACT

Soil penetration resistance is used to express the resistance to root growth against the physical state of the soil. The objective of this work was to characterize the spatial variability of soil mechanical resistance to penetration in a Red Nitosol with three management systems. The study was carried out in the municipality of Sertão-RS, in soil with three different uses: grain production, pasture and native forest. The soil mechanical resistance to penetration in four layers was evaluated: 0-0.05m, 0.05-0.10m, 0.10-

0.15m and 0.15-0.20m. The results show that the resistance to penetration of the soil has a distribution dependent on the management of the sampled area. In the pasture and grains area, the penetration resistance values range from 1636.44 kPa to 2091.87 kPa. The effect of management on mechanical strength becomes evident between depths of 0.10 to 0.20 m of soil.

**Keywords:** Compaction. Layers. Penetrometer

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados, sendo que compactação, erosão, salinização, acidificação e contaminação estão entre os principais causadores (FAO, 2015). Isso desperta atenção para uma demanda crescente de alimentos sem grandes possibilidades de incorporação de novas áreas, portanto há necessidade de otimizar recursos como solo e água.

O manejo na agricultura desenvolvida nas diferentes regiões brasileiras tem resultado na compactação dos solos, tanto em sistemas plantio direto e preparo convencional, como em sistemas de pastagens (ANDRADE et al., 2013). Nesse tipo de uso, há o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), o qual é praticado no sul do Brasil, baseia-se no uso de culturas anuais de inverno sob pastejo e cultivado em sucessão às culturas de lavoura, principalmente soja e milho (MORAES et al., 2002).

Quando o solo é compactado, o crescimento das plantas é reduzido em virtude da diminuição da disponibilidade de água, devido à restrição do desenvolvimento das raízes (REICHERT et al., 2008), bem como a redução da capacidade de aeração, ocasionada pela redução dos macroporos do solo e limitação à retenção da água pelos microporos (STRECK et al., 2004). Tais condições físicas alteram direta e indiretamente a produção das culturas. Nesse sentido, solos agregados e manejados corretamente garantem um balanço equilibrado de ar, água e matéria mineral, otimizando a ciclagem de nutrientes e o crescimento do sistema radicular das plantas. Para avaliação da qualidade física do solo, a resistência à penetração é considerada uma das formas de quantificar o grau de compactação do solo, sendo que representa um importante atributo da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (TORMENA & ROLOFF, 1996; PEREIRA et al., 2002).

O objetivo desse trabalho foi apresentar em forma de estudo de caso o resultado da avaliação do efeito de três sistemas de uso do solo na variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração de um Nitossolo Vermelho.

O presente estudo foi realizado no período do mês de abril de 2017, sendo conduzido em áreas de produção de culturas anuais e de vegetação nativa no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Sertão. O solo da localidade é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico (STRECK et al., 2008).

## 2 DESCRIÇÃO DE CASO TÉCNICO

O estudo de caso consistiu de diferentes sistemas de manejo, com os seguintes tratamentos: produção de Grãos (G), Pastagem (P), ambos com sistema plantio direto consolidado e Mata nativa (M). Na área destinada ao cultivo de pastagem, é explorado a atividade pecuária, sendo que na última safra foi cultivada com aveia preta (*Avena strigosa* L.)

no período do inverno e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) no período do verão. A área de grãos é utilizada apenas para cultivo de culturas anuais por mais de dez anos, sendo que na última safra foi implantado centeio (*Secale cereale* L.) no período de inverno, e soja (*Glycine max* L.) no período de verão. A área com Mata encontra-se em sua condição natural, sem qualquer intervenção. As avaliações foram realizadas no período de entressafra das referidas áreas de cultivo.

Para avaliar e quantificar a influência dos diferentes usos do Nitossolo Vermelho Distroférrico, foi mensurado a resistência mecânica à penetração (RP) de cada sistema de produção. Inicialmente, foi realizado o georreferenciamento das áreas com o auxílio de um equipamento GNSS Garmin®, sendo gerado um mapa de contorno, para utilizar o *software* Sistema Agropecuário CR Campeiro 7, para realizar uma amostragem em grade ("grid") de 0,25 ha, sendo cada grid constituído por um ponto amostral ( $n = 58$  pontos).

As coletas foram realizadas com o solo em capacidade de campo. Para medir a RP foi utilizado o penetrômetro digital, que possui uma capacidade de armazenamento automático de dados a cada 0,01m após a coleta de campo. No escritório, os dados foram separados em camadas de 0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,15m e 0,15-0,20m, sendo os mesmos em função da variação existente ao longo do perfil.

Os dados foram utilizados para gerar mapas de resistência à penetração utilizando o *software* Sistema Agropecuário CR campeiro 7, através do auxílio da metodologia de "krigagem", permitindo a análise comparativa necessária. Os resultados obtidos foram compilados a seguir.

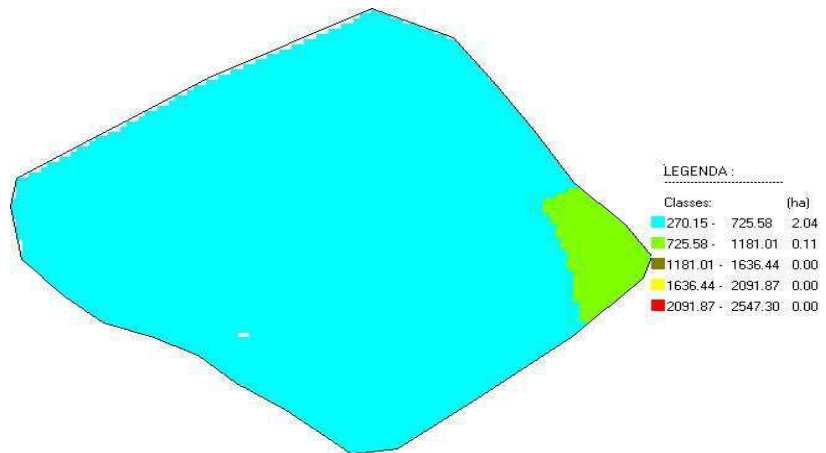
Na camada de 0-0,05 m (Figura 1), na área de mata nativa (M), a resistência à penetração (RP) foi maior, quando comparado à área de pastagem (P) e produção de grãos (G). Para a área da mata nativa (M) os valores encontrados foram de 270,15 a 725,58 kPa (66,37% da área) e 725,58 a 1181,01 kPa (33,63%), onde esse último demonstra uma maior resistência. Na área de grãos variou de 270,15 a 725,58 kPa (94,88%) e 725,58 a 1181,01 kPa (58,12%). Já no manejo com pastagem apresentou a totalidade da área sob resistência de 270,15 a 725,58 kPa.

Os valores menores encontrados na área sobre produção de grãos e pastagem pode ser devido a ação dos mecanismos sulcadores de semeadoras utilizadas na implantação das culturas produzidas no sistema plantio direto. Mello et al. (2002) relata que tais mecanismos podem romper o solo na linha da semeadura, provocando uma redução na densidade do solo e resistência à penetração, além de um aumento na macroporos do solo.

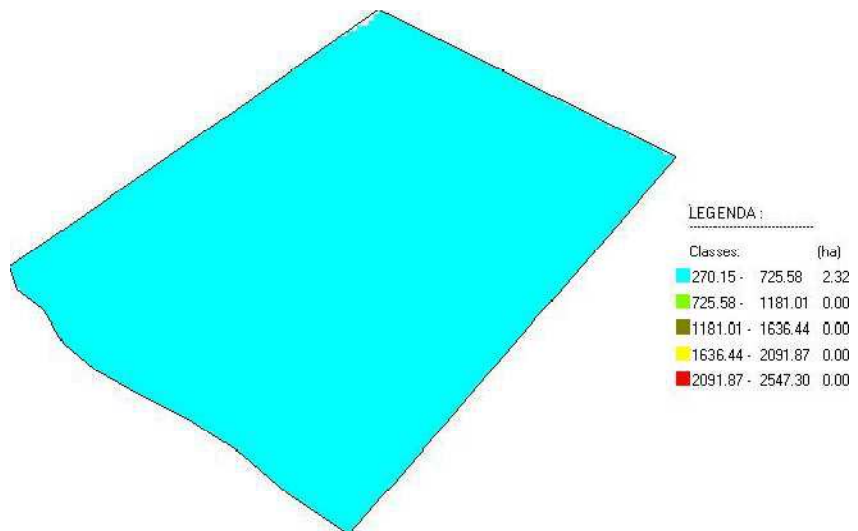
Na camada de 0,05-0,10m (Figura 2) a RP na área com grãos teve 59,81% da área de 725,58 a 1181,01 kPa, seguido de 37,85% de área com 1181,01 a 1636,44 kPa e o restante, 2,14% com 270,15 a 725,58 kPa. Na pastagem há menor variabilidade: 92,24% da área apresentou RP de 1181,01 a 1636,44 kPa; 6,9% entre 1636,44 a 2091,87 kPa e 0,86% entre 725,58 a 1181,01 kPa. Na área de testemunha, a Mata, foi de 1181,01 a 1636,44 kPa (79,54%) e 725,58 a 1181,01 (20,45%).

Figura 1 - Mapas de isolinhas da resistência mecânica do Nitossolo Vermelho à penetração (kPa) na camada 0-0,05 m em área de grãos (a), pastagem (b) e mata nativa (c).

A)



B)





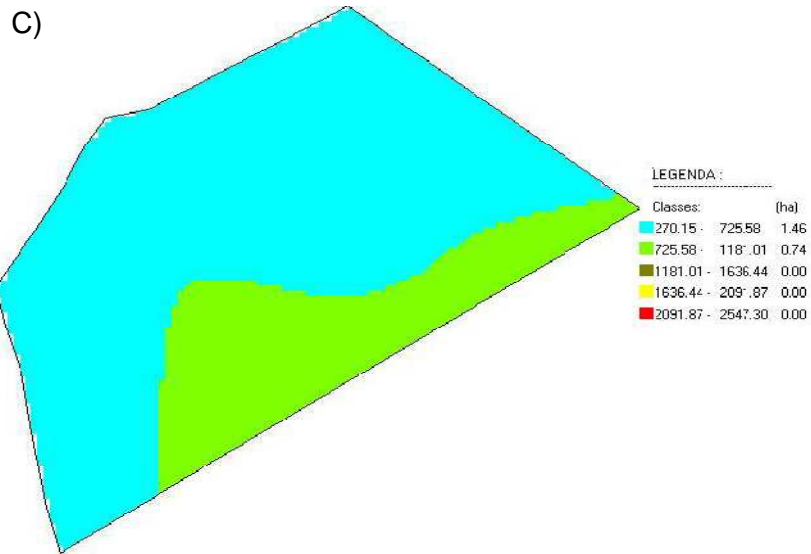
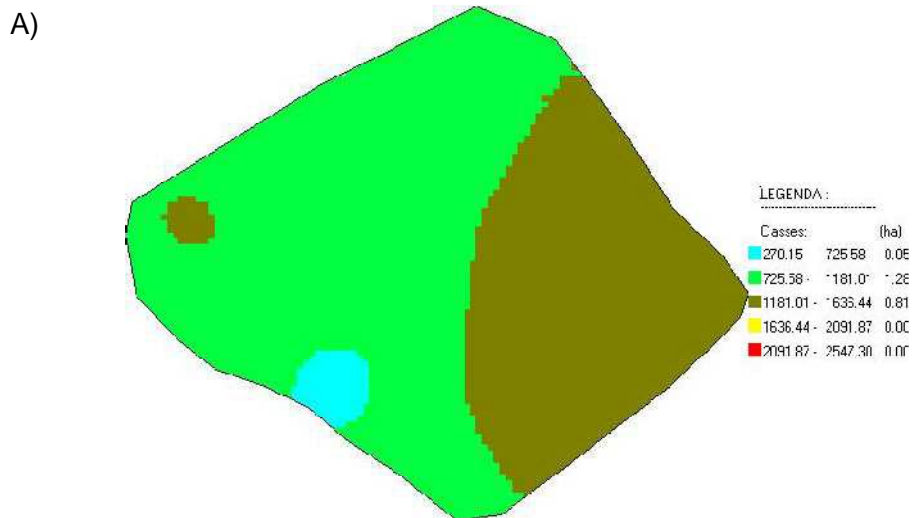
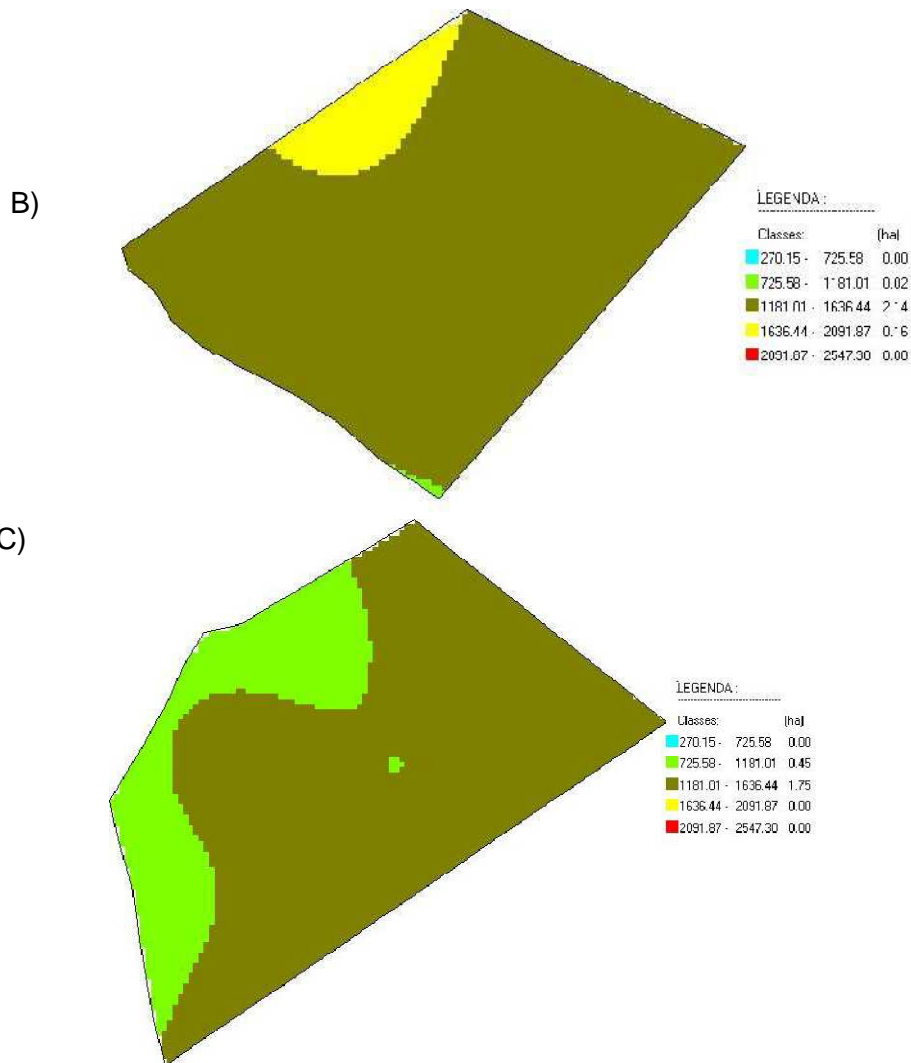


Figura 2 - Mapas de isolinhas da resistência mecânica do Nitossolo Vermelho Distroférico à penetração (kPa) na camada 0,05-0,10 m em área de grãos (a), pastagem (b) e mata nativa (c).





Conforme observado, os valores nessa camada se demonstraram inferiores à restrição de desenvolvimento de raízes. Essa variabilidade para o mesmo manejo é explicada por Tormena & Roloff (1996), que destaca que nas camadas mais superficiais do solo os valores médios de RP tendem a apresentar uma grande variação, podendo ser a mais influenciada pelo tráfego de máquinas e/ou animais.

Diferente do manejo com pastagem, a área cultivada com grãos apresentou em sua maioria índices inferiores de RP, tendo a maior parte de sua área na faixa de 725,58 a 1181,01 kPa, enquanto a mata nativa teve os dados de RP concentrados na faixa de 1181,01 kPa a 1636,44 kPa, sendo que esse fato pode ser correlacionado ao efeito do pisoteio excessivo dos animais assim como a redução da palhada, proporcionando um aumento na possibilidade de compactação desta camada. Apesar do pisoteio proporcionado pelos animais, os dados dessa camada superficial não apresentaram valores considerados limitantes (>2000 kPa) para o desenvolvimento radicular das plantas (TAYLOR et al., 1966).

Na camada de 0,10-0,15 m (Figura 3), é visível ampliação da resistência, chegando a valores da última classe, 2091 a 2547 kPa, considerada restritiva (TAYLOR et al., 1966). Para área de produção de grãos 58,33% da área ficou com RP de 1636,44 a 2091,87 kPa, 33,8% de 1181,01 a 1636,44 kPa. É destacado o maior estado de compactação observado para essa

profundidade. Para pastagem também teve maior parte da área com RP de 1636,44 a 2091,87, 50,86%, o restante teve variação de 1181,01 a 1636,44 kPa. Conte et al. (2007) analisando os valores de resistência mecânica do solo à penetração, destacam que o efeito do pastejo foi detectado até 0,12 m. Para a área testemunha, representada pela Mata, 80,45% da área teve RP de 1181,01 a 1636,44 kPa e o restante 725,58 a 1181,01 kPa, mostrando melhores condições nesse uso, fato esperado pela falta de ação antrópica nessa área.

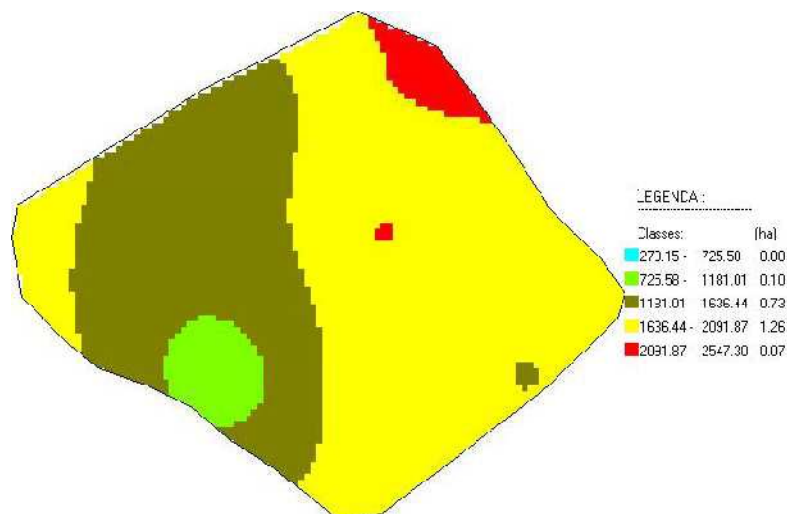
Genro Junior et al. (2004) explicam que o maior estado de compactação no solo sob sistema plantio direto está próximo aos 0,10 m de profundidade, nesse sentido, verifica-se que o solo atingiu valores maiores a 2.000 kPa, que é considerado como limite crítico ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (TORMENA et al., 1998; LAPEN et al., 2004; SILVA et al., 2004). As camadas de 0,10 a 0,15m foram as que apresentaram maior resistência à penetração em sistema de pastagem e cultivo de grãos, ocorrendo em razão do efeito acumulativo da pressão que é exercida na camada mais superficial do solo.

Segundo Pereira et al. (2005), a compactação do solo aumenta sua densidade e a resistência mecânica à penetração, sendo que estes impactos podem ser de maior ou menor intensidade, dependendo da textura e das condições de umidade do solo e do tipo de manejo adotado na área. Alta compactação do solo define uma alta resistência à penetração, ocasionando um impedimento mecânico ao adequado crescimento das raízes das plantas (KLEIN & Klein, 2014), além de uma expressiva alteração do comportamento da infiltração e escoamento das águas, podendo gerar erosão (OLIVEIRA, 2010).

Na camada de 0,15-0,20 m (Figura 4) os resultados para a área explorada com grãos foram de 59,43% da área entre 1636,44 kPa a 2091,87 kPa e 40% entre 2091,87 kPa a 2547,30 kPa, ou seja, aumentou a área com restrição. Na Pastagem foi 63,79% com 1636,44 kPa a 2091,87 kPa e 18,10% entre 2091,87 kPa a 2547,30 kPa e, fato que na Mata de 65,91% da área ficou de 1181,01 kPa a 1636,44 kPa e 34,09% entre 725,58 kPa a 1181,01 kPa, apontando novamente para melhores condições físicas na área com mata nativa.

Figura 3 - Mapas de isolinhas da resistência mecânica do Nitossolo Vermelho à penetração (kPa) na camada 0,10-0,15 m em área de produção de grãos (a), pastagem (b) e mata nativa (c).

A)



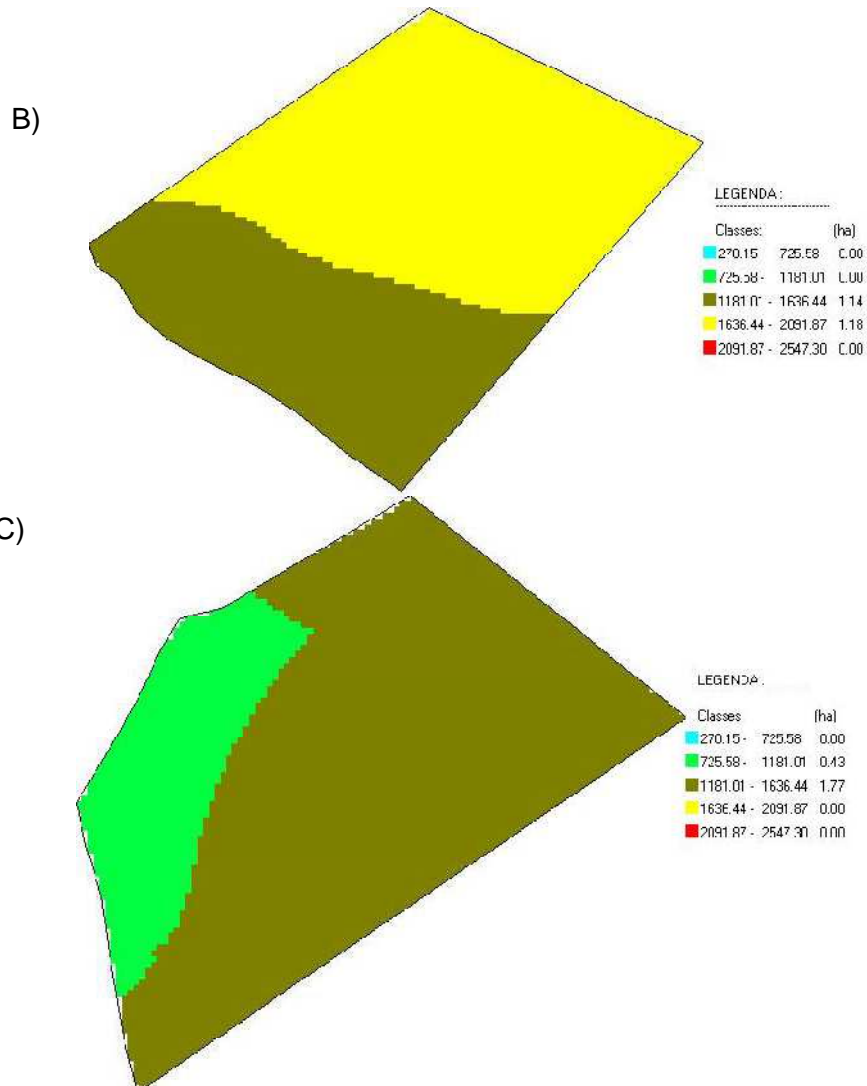
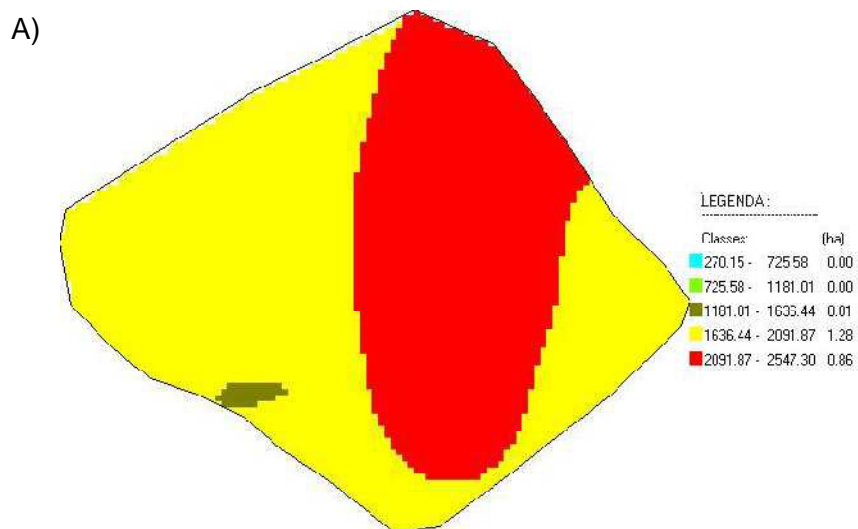
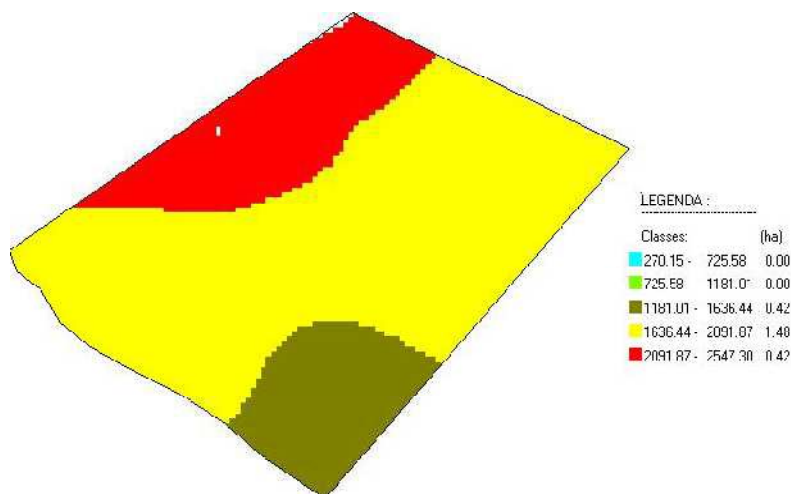


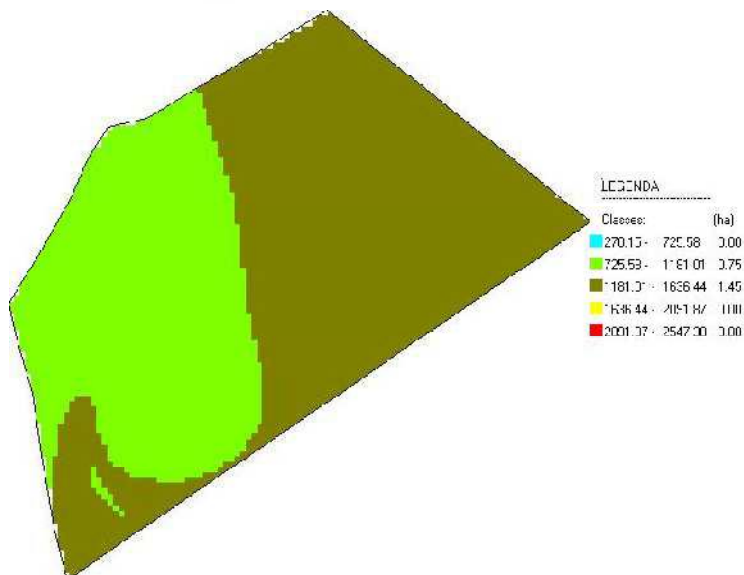
Figura 4 - Mapas de isolinhas da resistência mecânica do Nitossolo Vermelho à penetração (kPa) na camada 0,15-0,20 m em área de grãos (a), pastagem (b) e mata nativa (c).



B)



C)



Estes resultados são semelhantes aos encontrados na camada 0,10-0,15, onde o Nitossolo das áreas cultivadas (pastagem e grãos) apresentaram maior resistência à penetração, indicando que em determinadas áreas o solo está sujeito aos efeitos do processo de compactação.

Analisando o perfil, verifica-se que a partir de 0,05 m até o 0,20m apresenta os maiores valores de RP, sendo grande parte da área possui dados restritivos para o desenvolvimento das plantas, o que é esperado, pois segundo Streck et al. (2004) é nesta camada que há o efeito do tráfego de máquinas.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há relação entre os sistemas de uso do solo quando comparado ao atributo resistência mecânica do solo à penetração, demonstrando que esse atributo apresenta distribuição dependente do uso da área amostrada. Os maiores valores de resistência à penetração foram registrados para as áreas de pastagem e grãos, sendo mais evidentes entre profundidades de 0,10 a 0,20 m do solo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; GODOY, S. G. de. Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.932–937, 2013.
- CARVALHO JÚNIOR, I.A., FONTES, L.E.F., COSTA, L.M. Modificações causadas pelo uso e formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho Escuro textura média, na região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.505-514, 1998.
- CONTE, O. LEVIEN, R. TREIN, C.R. CEPIK, C. T.C. DEBIASI, H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavourapecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.220-228, jan./abr. 2007
- FAO. **Status of the World's Soil Resources**. In: Main report. Rome: 608 pg., 2015.
- GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.477-484, 2004.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, v.13, p. 3915-3925, 2014.
- LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G.; CURNOE, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production. **Soil & Tillage Research**, v.78, p.151- 170, 2004.
- MELLO, L. M. M.; TAKAHASHI, C. M.; YANO, E. H. Condicionamento físico do solo na linha de semeadura de milho em plantio direto: mecanismos sulcadores e rodas compactadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002.
- MORAES, A., PELISSARI, A., ALVES, S.J. et al. **Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil**. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds.). I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. p.3-42. 2002.
- OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R. Compactação de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, , v. 14, p.914-920, 2010.
- PEREIRA, J.O.; BENEZ, S.H.; SILVA, S.L.; TABILE, R.A. & TOLEDO, A. Comportamento compressivo de um solo Nitossolo: Efeito do tamanho de agregados, do teor de água e da pressão aplicada. **R. Eng. Agríc.**, 25:749-756, 2005.

PEREIRA, J.O.; SIQUEIRA, J.A.C.; URIBE-OPAZO, M.A. & SILVA, S.L. Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, 6:171-174, 2002.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. v. 5, p. 49-134.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** In: TORRADO, Vidal, P.; Alleoni, L. R. F.; Cooper, M.; Silva, A. P. Tópicos em ciência do solo. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5. p. 50- 121.

SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air filled-porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.4, p.451-456, 2004.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Modificação em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, 34:755-760, 2004.

STRECK, E. V; KÄMPF, N; DALMOLIN, R. S. D., KLAMT, E; NASCIMENTO, P. D; SCHNEIDER, P; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul.** UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2008, 222 p.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strengthroot penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, v.102, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A. & ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 20:333-339, 1996.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:573-581, 1998.

---

## NOVOS OLHARES PARA AGRICULTURA MANEJO DE SÍTIO ESPECÍFICO DE SOLO E PLANTA

*New look for agriculture  
Specific soil and plant site management*

**Modalidade:** Descrição de Caso Técnico

Vinicius da Silva Dutra <sup>1</sup>, Alexandre Doneda <sup>2</sup>, Fernando Cirolini <sup>3</sup>, Leonardo Kerber <sup>4</sup>,  
Robinson Barboza <sup>5</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado <sup>6</sup>, Diego Lopes dos Santos <sup>7</sup>

<sup>1</sup> COTRIJAL, Rua Júlio Graeff, 01, 99.470-000, Não Me Toque – RS, Brasil, [vdutra@cotrijal.com.br](mailto:vdutra@cotrijal.com.br)

<sup>2</sup> COTRIJAL, Rua Júlio Graeff, 01, 99.470-000, Não Me Toque – RS, Brasil, [adoneda@cotrijal.com.br](mailto:adoneda@cotrijal.com.br)

<sup>3</sup> COTRIJAL, Rua Júlio Graeff, 01, 99.470-000, Não Me Toque – RS, Brasil, [fcrolini@cotrijal.com.br](mailto:fcrolini@cotrijal.com.br)

<sup>4</sup> COTRIJAL, Rua Júlio Graeff, 01, 99.470-000, Não Me Toque – RS, Brasil, [lkerber@cotrijal.com.br](mailto:lkerber@cotrijal.com.br)

<sup>5</sup> COTRIJAL, Rua Júlio Graeff, 01, 99.470-000, Não Me Toque – RS, Brasil, [rbarboza@cotrijal.com.br](mailto:rbarboza@cotrijal.com.br)

<sup>6</sup> UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), Avenida Roraima, nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [proftelmoamado@gmail.com](mailto:proftelmoamado@gmail.com)

<sup>7</sup> Mestrando UFSM(Universidade Federal de Santa Maria), Avenida Roraima, nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil [diego.lopes@agcocorp.com](mailto:diego.lopes@agcocorp.com)

### RESUMO

Com a expansão do agronegócio brasileiro associado à expansão de áreas cultivadas de soja em todo o território nacional, existe uma demanda com viés sustentável, econômico e social. O uso da agricultura de precisão, que hoje passa por uma nova geração, que tem por função unir os princípios da variabilidade espacial e temporal, associado à produção agrícola. A grande diferença da nova geração é a união dos aspectos biológicos e interpolação de sistemas. As ferramentas da agricultura de precisão estão auxiliando na tomada de decisão, sendo as mesmas interdisciplinares. A formação de zonas de manejo, pensando em produção e qualidade de produtos a serem gerados, é uma prática importante em determinadas zonas homogêneas dos talhões de produção visando otimizar o uso de recursos e intervir de maneira mais assertiva onde for necessário. Sendo assim, cada vez mais moldável será o sistema de produção.

**Palavras-chave.** Agricultura de Precisão. Biologia do Solo. Zonas de Manejo.

### ABSTRACT

With the expansion of Brazilian agribusiness associated with the expansion of soybean acreage throughout the national territory, there is a demand with sustainable, economic and social bias. The use of precision agriculture, which today is undergoing a new generation, whose function is to unite the principles of spatial and temporal variability associated with agricultural production. The big difference of the new generation is the union of biological aspects and interpolation of systems. Precision farming tools are aiding decision making, and they are interdisciplinary. The formation of management zones, thinking about production and



quality of products to be generated, is an important practice in certain homogeneous areas of production fields aiming at optimizing the use of resources and intervening more assertively where necessary. Thus, increasingly moldable will be the production system.

**Keywords:** Precision Agriculture. Soil Biology. Management Zones

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão do agronegócio brasileiro associado à expansão das áreas cultivadas em todo o território nacional gerou uma demanda com viés sustentável, econômico e social na agricultura que está passando por uma nova geração. Através do uso da Agricultura de Precisão, que é a união de princípios do manejo da variabilidade espacial e temporal, associado à produção agrícola, está se obtendo incremento da produtividade e uma maior visão do meio ambiente de produção de forma equalitativa (Pierce & Nowak, 1999). Hoje, através de ferramentas da agricultura de precisão, pode-se buscar uma nova área que é a estimativa da biologia do solo.

De forma geral, a Agricultura de Precisão vem despertando cada vez maior interesse por parte dos agricultores e empresas de pesquisa, sendo um caminho sem possibilidade de retorno. São ferramentas disponibilizadas dentro da agricultura de precisão: amostragem de solo georeferenciada, mapeamento de fertilidade, mapeamento de produtividade, mapeamento de relevo, mapeamento de zonas de manejo, mapeamento da biologia do solo, aplicação de corretivos em taxa variável, aplicação de fertilizantes em taxa variável, semeadura em taxa variável. Dessa forma, se tem um impacto direto em relação às lavouras conduzidas com a agricultura de precisão, com economia de insumos, menor impacto ambiental, sem falar da maior rentabilidade financeira por unidade de área produtiva. Além disso, o mapeamento da biologia do solo permite avaliar e tornar um sistema mais produtivo e ao mesmo tempo mais resiliente.

Um novo desafio é a interpretação de mapas e a interpolação desses gerados, através da Krigagem, método que garante uma grande confiabilidade aos dados levantados a campo, ficando cada vez maior o nível de detalhamento tecnológico e técnico que o profissional que vai conduzir as referidas áreas deve possuir.

Em meados da década de 1990, a Agricultura de Precisão no Brasil era baseada no uso de GPS ("Global Positioning System"), e evoluiu para o desenvolvimento de diversos equipamentos e produtos, onde ao passar dos anos de 2000, foi utilizado o sistema de localização associado aos monitores de colheita. No momento na cooperativa Cotrijal, vive-se uma nova fase uma metodologia proposta pelo programa Ciclus Cotrijal em conjunto ao programa de mestrado em Agricultura de Precisão da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), que é o levantamento da biologia do solo, dentro do sistema de produção. Os mapas de produtividades quando correlacionados com matéria orgânica, tem uma dependência superior, quando comparado a outros atributos do solo. Com isso, através do auxílio e interpolação de dados gerados e a associação dos mesmos, utilizando a geoestatística, será garantida uma maior confiança aos níveis de insumos químicos ou biológicos aplicados em uma determinada cultura. Também, pode-se utilizar como base para a formação de zonas de manejo, servindo para tomadas de decisão. Com a condução de trabalhos multidisciplinares, tanto na área de pesquisa quanto na área aplicada de uso da agricultura de precisão, será possível maximizar o potencial produtivo e qualitativo do sistema de produção.

Um novo parâmetro para se tomar como base, será a união do uso da Agricultura Biológica com a Agricultura Convencional, utilizando ferramentas da Agricultura de Precisão, para auxiliar na tomada de decisão, no momento de modificar algumas zonas de manejo, buscando um maior

equilíbrio biológico do sistema de produção.

O maior cuidado que deve haver para não se repetir os erros cometidos no passado com o uso da Agricultura de Precisão é ter profissionais capacitados a interpretar os dados gerados, assim como a falta de compatibilidade entre os compostos de levantamento de dados e equipamentos de aplicações .

## 2 DESCRIÇÃO DE CASO TÉCNICO

De maneira geral, alguns fatores são determinantes no rendimento de grãos, sendo que já tem-se identificados 52. Dentro desses, 45 podem ser controlados e 7 não controlados, como exemplo a precipitação pluvial, temperatura e concentração de gases na atmosfera (TISDALE et al., 1993).

O emprego adequado de algumas ferramentas agrícolas dentro do sistema de produção pode seguir algumas práticas de manejo, para que os fatores determinantes ou limitantes ao rendimento de grãos possam ser eliminados ou minimizados. Assim, o rendimento de grãos poderá ser incrementado. (WALLACE, 1993).

Algumas ferramentas da Agricultura de Precisão como o uso de imagens de satélite e fotografias aéreas digitais tem servido para monitoramento da variabilidade espacial e temporal das áreas de cultivo, possibilitando constatar problemas relacionados à fertilidade, pragas e doenças dentro de uma unidade produtiva(VILELA ET al., 2006A; SENA JUNIOR et al., 2008).

Um trabalho realizado em uma lavoura de 57 hectares em Palmeira das Missões – RS, sendo essa área considerada com níveis de fertilidade de solo adequados, mostrou uma variação de produtividade de 25 a 70 sacas por hectare de milho (Amado et al.,2004), demonstrando que somente mapas de fertilidade não são parâmetros suficientes capazes de estabelecer uma correlação com a produtividade da cultura.

Na produção agrícola, fatores relacionados à fertilidade do solo compõem apenas uma parcela dos quesitos responsáveis pela produtividade final de uma lavoura. Algumas áreas de produção agrícola bem conduzidas sobre as contribuições dos aspectos da química do solo, têm comprovado uma baixa correlação com produtividades das culturas (Souza et al., 2010). Porém fatores da física do solo como textura, densidade, porosidade e capacidade de armazenamento de água (Rosa Filho et al., 2009), tem grande importância na determinação da produtividade, onde a física de solo, é diretamente relacionada à biologia do solo.

O ponto de partida para o uso de agricultura de precisão é a realização de amostragens que permitam caracterizar a variação espacial e atributos do solo relacionado às grandes culturas. Para isso, tem sido coletadas amostras georreferenciadas dispostas numa grade amostral (“grid”), de modo a permitir que os dados possam ser processados por meio da geoestatística e posteriormente interpolados aos mapas de fósforo, potássio, saturação de bases (V%), biologia do solo, relevo, compactação, etc. Assim, é possível a recomendação de mapas de manejo e estabelecimento de zonas de produção. Além disso, deve-se sempre levar em consideração os efeitos físicos, químicos e biológicos causadores das variabilidades, com as amostras regularmente espaçadas para identificação dos fatores limitantes, no período considerado (Blackmore e Larscheid, 1997). Com a aplicação do plantio direto de forma correta, e a cobertura do solo no sistema de produção com balanço de carbono positivo, é capaz de propiciar uma maior produtividade, de modo de tornar o sistema mais estável, acreditando que possivelmente a correlação positiva da produtividade com os teores positivos de matéria orgânica do solo, esteja

possivelmente ligado a biologia do solo nesse ambiente de produção. Através da interpolação de mapas de colheita, relevo, biologia, química e física do solo existe a possibilidade de se estabelecer zonas de manejo dentro das distintas áreas de produção. Alguns equipamentos tratorizados através de eletrodos de medição para condutividade elétrica do solo, permitem um mapeamento rápido e de baixo custo de áreas de cultivo, onde essa condutividade pode apresentar alta correlação com os teores de argila do solo, permitindo estabelecer associações com capacidade de troca de cátions, teores de matéria orgânica e capacidade hídrica do solo. (MACHADO et al., 2006).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura de precisão não é somente a adoção de um equipamento ou ferramenta, é uma associação de tecnologias e conhecimentos interdisciplinares. A forma de manejo da agricultura de precisão é o ponto chave no sucesso da mesma, a interpretação de dados gerados e profissionais capacitados para isso é imprescindível.

Esta forma de manejo é algo desafiador para cada sistema de produção, onde se tem uma grande variabilidade, não podendo ser visto somente sob um ângulo e sim sob diversas perspectivas. A interdisciplinaridade do conhecimento está demonstrando um ganho no resultado das aplicações de insumos, através do mapeamento de zonas de manejo e dos fatores que contribuem para as principais variações do sistema de unidade produtiva.

Com a construção de uma metodologia de levantamento de biologia do solo, muitos fatores ligados a produtividade das grandes culturas de lavoura, terá uma visão diferente. Não esquecendo que os pilares da produtividade de plantas de lavoura, estão diretamente ligada à características químicas, físicas e biológicas do solo. Podendo dessa forma também servir como base para recomendações de coberturas de solo mais adequadas para cada situação de lavoura.

Vale ressaltar, que agricultura de precisão é um sistema construído a longo prazo, se ajustando aos diversos sistemas de produção, cada vez mais do auxílio de ferramentas para tomadas de decisões para distintos manejos nos sistemas de produção, além de profissionais capacitados para a interpretação dos dados gerados, como também para passar a resposta mais correta da leitura dos dados gerados aos desfrutadores desse serviço.

### REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; PONTELLI, C. B.; VEZANI, F. Agricultura de Precisão como ferramenta de aprimoramento do manejo do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 46-54, 2004. Número especial.

BLACKMORE, B. S.; LARSCHIED, G. Strategies for managing variability. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1, 1997, **Anais...** Warwick, UK. Warwick: Warwick University Conference Centre. Disponível em: <[www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf/](http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf/)>.

MACHADO, P.L.O.A.et al.. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.41, n.6, p.1023-1031, 2006.

PIERCE, F.J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Adv. Agronomy**, v. 67, p.1-85, 1999.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M.P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F.F.S.; GIOIA, M.T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.33, p.283-293, 2009.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. **Systèmes de culture et dynamique de la matière organique**. France, 2001. 200p. (Doc. CIRAD).

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, E.; IDE M, A.; TRENTINI, A. La maîtrise de *Cyperus rotundus* par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. **Agriculture et développement**, n.21, p.87, 1999.

SENA JÚNIOR, D.G.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; SANTOS, N.T.; KHOURY JÚNIOR, J.K. Discriminação entre estágios nutricionais na cultura do trigo com técnicas de visão artificial e medidor portátil de clorofila. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.187-195, 2008.

SOUZA, Z.M.; CERRI, D.G.P.; COLET, M.J.; RODRIGUES, L.H.A.; MAGALHÃES, P.S.G.; MANDONI, R.J.A. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvore de decisão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.4, p.840-847, 2010.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizer**. New York : MacMillan, 1993. 1634 p.

VILELA, M.F.; RESENDE, A.V.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S. Fotografia aérea no monitoramento e diagnóstico de uma área cultivada com milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. 2. São Pedro – SP, 2006. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2006a. (CD-ROM).

WALLACE, A. The law of the maximum. **Better Crops, Norcross**, v. 77, n. 2, p. 20- 22, 1993.

## CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA COM ALGORITMO *RANDOM FOREST* COMO ALTERNATIVA AO CONTROLE DE PARCELAS EM ÁREA EXPERIMENTAL

*Supervised classification with Random Forest algorithm as an alternative to plot control in the experimental area*

**Modalidade:** Descrição de Caso Técnico

Eduardo Müller Gruhn <sup>1</sup>, Gabriele Casarotto <sup>2</sup>, Cássio Capitanio <sup>2</sup> Fernando Bavaresco <sup>1</sup>  
Sabrina Dalla Nora <sup>2</sup> Betina Pivetta <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento Digital, 3Tentos Agroindustrial S/A, Estrada da Figueira, 1300, CEP 98.240-000, Santa Bárbara do Sul, RS, Brasil.  
**eduardo.muller@3tentos.com.br**

<sup>2</sup> Departamento de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, 3Tentos Agroindustrial S/A, Estrada da Figueira, 1300, CEP 98.240-000, Santa Bárbara do Sul, RS, Brasil.  
**gabriele.casarotto@3tentos.com.br**

### RESUMO

O propósito do presente trabalho foi destacar a utilização de *Machine Learning* com algoritmo de classificação supervisionada na determinação do percentual de cobertura vegetal de parcelas experimentais. *Random Forest* é um algoritmo que consiste em um conjunto de árvores de classificação treinadas aleatoriamente fornecendo um resultado próximo e semelhante ao observado na realidade. Em áreas experimentais voltadas ao desenvolvimento de pesquisas agrônomicas, manter o controle local para minimizar as interferências de fatores externos tem sido um desafio. Dentre estes fatores, a variação da população de plantas nos tratamentos pode representar um problema prejudicando a interpretação dos resultados de produtividade o qual deveria ser influenciado apenas pelos diferentes manejos aplicados ao experimento. Os resultados demonstraram elevada correlação de Person ( $R = 84\%$ ) entre a aplicação do método em um mapeamento com imagens obtidas por voo com SARP (Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas) comparativamente a avaliação de contagem de plantas à campo (população de plantas) em três densidades de semeadura e para três cultivares de trigo. Para o aumento da acurácia aplicou-se o índice VARI sobre as imagens aéreas. O trabalho demonstrou satisfatória distinção dos objetos permitindo extrapolar essa técnica para o restante da área experimental.

**Palavras-chave:** Random Forest. VARI. População de plantas.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to highlight the use of *Machine Learning* with supervised classification algorithm in determining the percentage of vegetation cover in experimental plots. *Random Forest* is an algorithm consisting of a set of randomly trained sorting trees providing a result close to and similar to that observed in reality. In experimental areas focused on the development of agronomic research, maintaining local control to minimize interference from external factors has been a challenge. Among these factors, the

variation of plant population in the treatments may represent a problem, impairing the interpretation of yield results which should only be influenced by the different management applied to the experiment. The results demonstrated a high correlation of Person ( $R = 84\%$ ) between the application of the method in a mapping with SARP (Remotely Piloted Aircraft System) flight images compared to the evaluation of field count (plant population) in three sowing densities and for three wheat cultivars. To increase the accuracy, the VARI index was applied to aerial images. This work showed satisfactory distinction of objects allowing extrapolate this technique to the rest of the experimental area.

**Keywords:** Random Forest. VARI. Plant population.

## 1 INTRODUÇÃO

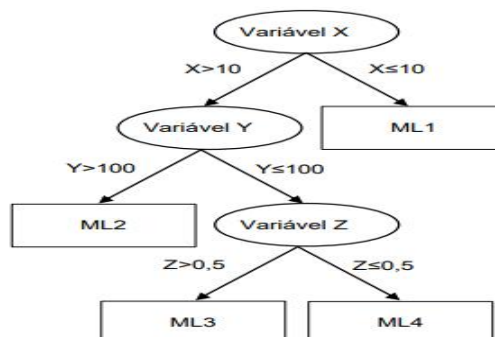
A utilização de métodos de aprendizado de máquina em áreas agrícolas tem elevado potencial de sucesso pela capacidade de identificação e quantificação dos elementos naturais. Associado ao acesso de imagens obtidas via satélite ou por veículos aéreos torna-se possível aplicar inteligência artificial (I.A.) com objetivo de apontamento de problemas seguido da possibilidade direcionamento de ações de correção ou apenas identificação.

Um dos algoritmos mais utilizados em sistemas ambientais é o *Random Forest* (RF) que tem origem em trabalhos de Quinlan (1992) o qual desenvolveu o algoritmo de árvores de decisão/regressão, que se baseia na ideia simples da construção de uma árvore de regressão, dividindo as variáveis explicativas conforme suas semelhanças e dissemelhanças (WANG e WITTEN, 1997).

Desenvolvido por Breiman (2001), RF é um desenvolvimento direto do algoritmo árvore de decisão, tornando assim possível reduzir a variabilidade em cada nó e obter estimativas via um modelo linear local. A Figura 1 apresenta um exemplo ilustrativo do funcionamento de uma árvore de regressão, em que determinado atributo é explicado por três variáveis (X, Y e Z) e sua estimativa é obtida por meio de quatro modelos lineares (ML1, 2, 3 e 4). Destaque a divisão binária das características dos atributos em cada nó.

Segundo Seyedhosseini e Tasdizen (2015), o algoritmo RF é um classificador/regressor cuja ideia principal da “floresta aleatória” é fazer crescer um conjunto de árvores de decisão tal que a correlação entre essas árvores permaneça tão baixa quanto possível.

**Figura 1.** Representação simplificada de uma árvore de regressão.



Fonte: Adaptado de HALL et al. (2009).

Por outro lado, no campo de imageamento de culturas agrícolas rotineiramente utiliza-se a aplicação de índices de vegetação permitindo aumentar a amplitude das diferenças entre solo, cobertura vegetal morta e entre diferentes coberturas vegetais vivas. Dentre os índices mais

conhecidos destacam-se o GLI, o TGI e o VARI os quais podem ser confeccionados com câmeras comuns RGB dispensando a necessidade de bandas da faixa do NIR e do *Red Edge* obtidas em câmeras multiespectrais.

A equação para determinação do índice VARI:

$$VARI = \frac{R-G}{R+G-B} \quad (1)$$

onde: R = banda do vermelho;

G = banda do verde;

B = banda do azul.

A representação visual de uma cultura agrícola com o índice VARI pode facilitar a identificação de falhas de emergência, engalhamento ou perfilhamento e população de plantas numa determinada área.

A densidade populacional de plantas está entre os principais atributos que influenciam o potencial produtivo das lavouras, e o seu ajuste depende do genótipo, ambiente e manejo. Porém, o trigo é uma cultura perfilhadora e por isso há dificuldade em se medir a quantidade de plantas por unidade de área. Alternativas a contagem de plantas à campo são promissoras no sentido de redução da onerosidade e do tempo destinado a esta atividade, entretanto deve-se procurar métodos eficientes na determinação da homogeneidade e da população de plantas de trigo.

## 2 DESCRIÇÃO DE CASO TÉCNICO

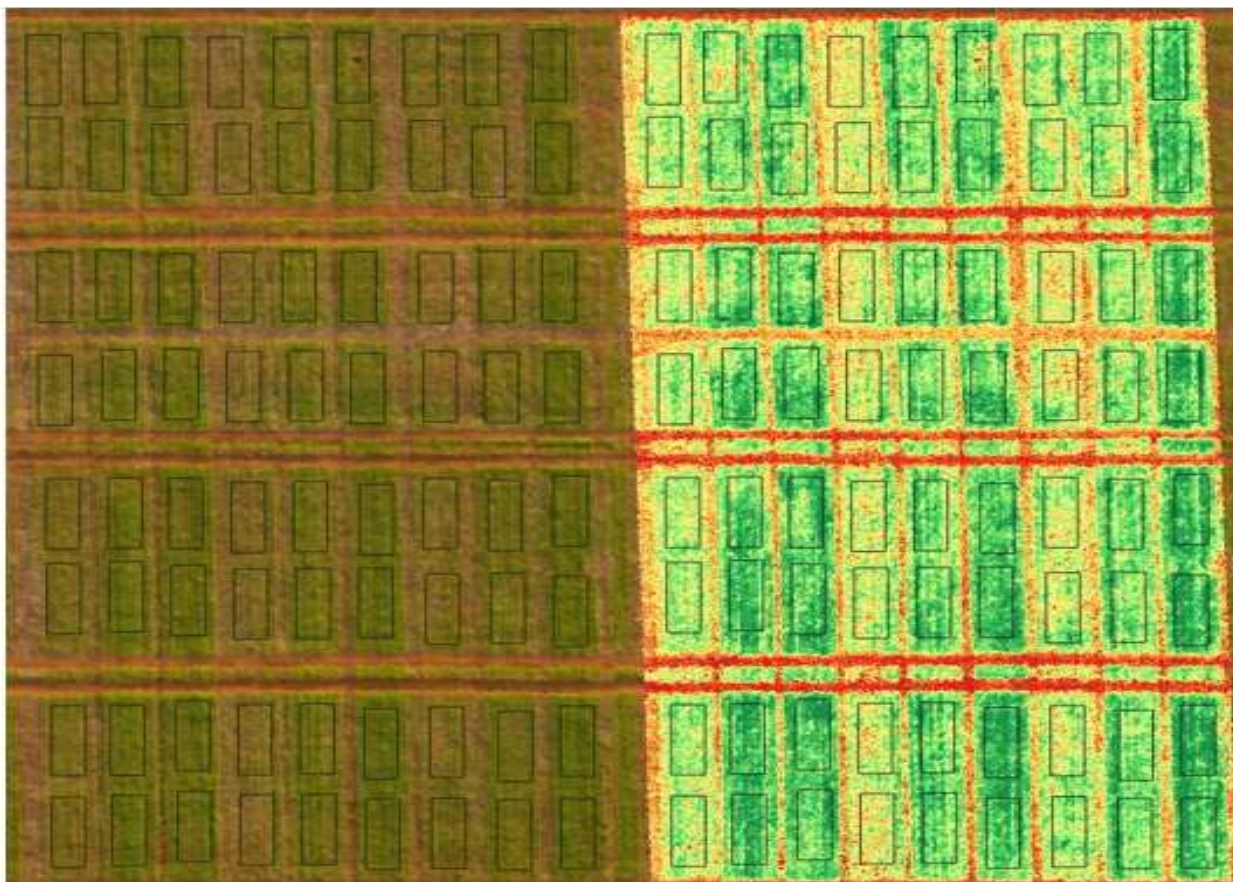
Áreas experimentais onde se desenvolvem ensaios de manejos fitossanitários e aplicações foliares de nutrientes e bioestimulantes devem apresentar o mínimo possível de interferências de fatores bióticos e abióticos quando estes não forem o objeto de estudo. Para a cultura do trigo, substituir a contagem de plantas por técnicas de imageamento permitiu a padronização da metodologia sem que haja ocorrência de erro amostral entre as parcelas além da redução do tempo envolvido na atividade.

Assim, foi instalado um experimento na estação experimental da Três Tentos (CETEC 2) em Santa Bárbara do Sul – RS com objetivo de avaliar a eficácia do algoritmo *Random Forest* aplicado a uma imagem com índice VARI na classificação de três elementos encontrados em cada parcela, sendo: 1 = Solo exposto; 2 = Cobertura vegetal morta (Palhada); 3 = Cobertura vegetal viva (Trigo). Utilizou-se o índice VARI para ampliar as diferenças principalmente entre a palhada e as plantas de trigo sendo que estas poderiam sofrer confundimento na classificação devido a ocorrência de pixels sombreados como ilustrado na Figura 2.

O imageamento aéreo ocorreu aos 34 dias após a semeadura e a contagem de plantas aos 25 dias após a semeadura. Para o processamento das imagens foi utilizado o *software* SIG Qgis versão 3.4.3 e para o treinamento e classificação das amostras fez-se o uso do *plugin* "Dzetsaka" desenvolvido por Nicolas Karasiak (2016). No treinamento utilizou-se 60% das amostras e para a validação 40% obtendo-se assim um índice Kappa na ordem de 0,92 e Acurácia Global = 97,0%.

**Figura 2.** Imageamento com cores reais (esquerda) comparativo a imagem com aplicação do

Índice VARI (direita) representado com falsas-cores.



Legenda: Em falsa-cor os tons de vermelho (classe 1), amarelo (classe 2) e verde (classe 3). Fonte: Autor.

Os resultados demonstraram que a variação na densidade de semeadura foi identificada pela aplicação do classificador RF apresentando correlação de Pearson ( $R = 84\%$ ) entre o percentual de pixels classificados como cobertura vegetal viva e a contagem de plantas a campo (população de plantas de trigo) como podemos observar na Tabela 1.

Outro viés positivo está demonstrado pelo coeficiente de variação (C.V.) cujo valor percentual entre as repetições é menor quando aplicado a metodologia de imageamento, conferindo dessa forma maior confiabilidade pois atribui erro mais uniforme entre as parcelas (Tabela 1). Essa padronização na avaliação permite estabelecer um grau de interferência na produtividade de grãos de trigo promovida pelas diferentes populações em cada parcela ou devido a ocorrência de falhas de emergência de plantas.

Por outro lado, o algoritmo utilizado apresenta evidente limitação neste estudo pois classifica a camada observada com base na faixa de reflectância proporcionada pelo índice VARI, ou seja, cada pixel é categorizado pela sua cor e textura ignorando o formato característico dos objetos em estudo. Neste sentido, podem haver erros na interpretação do número de plantas com a quantidade de perfilhos gerada por cada planta de trigo. Entretanto observou-se claramente que a tendência no aumento na densidade de semeadura ocasionou maior população emergida de plantas bem como no espaço de recobrimento do material vivo (3) comparativamente às demais classes (1 e 2).



**Tabela 1.** Comparativo de população de plantas com percentual de cobertura viva.

Cultivar	Densidade de semeadura (kg.ha <sup>-1</sup> )	Contagem (plantas.m <sup>-1</sup> )	Cobertura Veg. Viva (%)
Audaz	140	40,2 d*	46,4 d
	180	67,0 b	72,2 c
	220	83,7 a	95,2 a
Sinuelo	140	42,5 d	30,6 e
	180	56,0 c	82,4 b
	220	78,2 b	91,0 a
Toruk	140	34,7 d	51,5 d
	180	61,5 c	83,4 b
	220	94,7 a	87,5 a
C.V. (%)		15,5	9,8

Legenda: \*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstrou a possibilidade de estimar a população de plantas de trigo para cada parcela com boa confiabilidade. Além disso, esse tipo de avaliação permitirá fazer inferências sobre os resultados de produtividade de trigo extrapolando para o restante da área experimental quando o objetivo do ensaio for composto de variações do manejo fitossanitário ou nutricional em cobertura.

### REFERÊNCIAS

- BREIMAN, L. **Random Forests**. Machine Learning, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.  
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- KARASIAK, N. **Zenodo**. Dzetsaka: Classification plugin for Qgis. v. 3. 4. 3, 2016.  
<http://doi.org/10.5281/zenodo.2552285>
- QUINLAN, R. J. **Learning with Continuous Classes**. In: 5th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence, Singapore, 343-348, 1992.
- HALL, M.et al. **The WEKA Data Mining Software**: an update; SIGKDD Explorations Newsletter, v.11, n.1, p.10-18, 2009.
- SEYEDHOSSEINI, M.;TASDIZEN, T. **Disjunctive normal random forests**. Pattern Recognition, v. 48, n. 3, p. 976-983, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.patcog.2014.08.023>
- WANG, Y.; WITTEN, I. H. **Induction of model trees for predicting continuous classes**. WorkingPaper 96/23. 1996.

## COMO GEOESTATÍSTICA E KRIGAGEM ORDINÁRIA REALIZAM ESTIMATIVAS? UM EXEMPLO DESCRITIVO PARA PREDIÇÃO DE pH NO SOLO E INCERTEZA ASSOCIADA

*How do geostatistics and ordinary krigage carry out estimates? A descriptive example for pH prediction in the soil and associated uncertainty*

**Modalidade:** Descrição de Caso Técnico

Lúcio de Paula Amaral<sup>1</sup>, Jéssica Rodrigues da Silva<sup>2</sup>, Natália Duarte Melos<sup>2</sup>, Núbia Pentiado Aires<sup>2</sup>, Douglas Senger de Brito<sup>2</sup>, Marcelo Hirt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor da Disciplina DPADP803 – Geoestatística, Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão, PPGAP-UFSM, Avenida Roraima nº1000, CEP: 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com).

<sup>2</sup> Mestrandos em Agricultura de Precisão – Disciplina DPADP803 – Geoestatística, PPGAP-UFSM, Avenida Roraima nº1000, CEP: 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [jrs8426@yahoo.com.br](mailto:jrs8426@yahoo.com.br), [melosnatalia@gmail.com](mailto:melosnatalia@gmail.com), [nubia.aires@gmail.com](mailto:nubia.aires@gmail.com), [engflorestal\\_douglas@hotmail.com](mailto:engflorestal_douglas@hotmail.com), [hirthza@gmail.com](mailto:hirthza@gmail.com).

### RESUMO

A Geoestatística faz parte da estatística aplicada e é uma forma de análise espacial, muito utilizada na Agricultura de Precisão, que descreve matematicamente a variabilidade espacial e temporal de variáveis regionalizadas. Porém, muitos usuários não conhecem os cálculos utilizados para gerar estimativas e incerteza associada. O objetivo deste trabalho foi demonstrar os cálculos da estimativa pontual de pH(H<sub>2</sub>O) com uso de krigagem ordinária e de um semivariograma experimental ajustado para dados de uma área de cultivo no Campus Sede da UFSM. Foram utilizados dados de pH(H<sub>2</sub>O) obtidos em 32 pontos, com ajuste do modelo gaussiano. Foram descritos sete passos que descrevem os cálculos envolvidos na predição pontual de pH(H<sub>2</sub>O) e sua incerteza, com uso de planilha eletrônica. Um problema em geoestatística é o uso indevido quando se tem semivariogramas não estruturados, constituídos por pareamento de dados de comportamento aleatório, o que compromete o vetor de pesos de ponderação utilizado pelo interpolador krigagem. Conclui-se que este trabalho demonstrou os cálculos de maneira satisfatória e auxilia no entendimento de como a geoestatística gera estimativas.

**Palavras-chave:** Interpolação. Cálculos Geoestatísticos. Agricultura de Precisão.

### ABSTRACT

Geostatistics is part of applied statistics and is a form of spatial analysis, widely used in precision agriculture, which mathematically describes the spatial and temporal variability of regionalized variables. However, many users are unaware of the calculations used to generate estimates and associated uncertainty. The objective of this paper was to demonstrate the calculations of the pH(H<sub>2</sub>O) point estimation using ordinary kriging and an experimental semivariogram adjusted for data from a crop field in the UFSM Campus. The pH(H<sub>2</sub>O) data obtained at 32 points were used, with adjustment of the Gaussian

model. Seven steps were described that describe the calculations involved in the pH(H<sub>2</sub>O) point prediction and its uncertainty, using a spreadsheet. A problem in geostatistics is the misuse when there are unstructured semivariograms, consisting of pairing of random behavior data, which compromises the weighting vector used by the kriging interpolator. It is concluded that this paper demonstrated the calculations satisfactorily and helps in understanding how geostatistics generates estimates.

**Keywords:** Interpolation. Geostatistical calculations. Precision agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação para o tratamento da variabilidade espacial. E pode ser entendida como um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (GEBBERS e ADAMCHUK, 2010).

A compreensão de fenômenos naturais e sociais podem ser representados por dados e informações espaciais, onde são apresentados de forma gráfica e por mapas. A análise espacial é uma investigação complexa da realidade, faz a ligação entre o domínio essencialmente cartográfico e as áreas de análise aplicada, estatística e a modelagem, permitindo combinar variáveis georreferenciadas e, a partir delas, criar e analisar novas variáveis (ROSA, 2011). Uma importante ferramenta para ao tratamento da variabilidade espacial das lavouras são os mapas de interpolação, gerados a partir da interpolação dos dados amostrados em campo. Segundo Miranda (2005) a interpolação é um processo que determina valores não amostrados de um atributo conhecido a partir dos valores amostrados. A interpolação de dados está baseada na premissa de que, em geral, valores de amostras próximas entre si são mais prováveis de serem semelhantes do que valores de amostras mais afastadas.

A AP está em constante evolução, gerando um grande banco de dados e informações que precisam ser interpretados para fornecer soluções. Segundo Vieira (2000) os objetivos da geoestatística aplicada a AP é verificar medições de correlação espacial, realizar estimativas de valores em locais não amostrados a partir de alguns valores conhecidos e identificar as inter-relações de propriedades no espaço, também permite a realização de estudo em padrões de amostragem adequados.

Para entender a aparente aleatoriedade de dados é importante utilizar os métodos geoestatísticos que fornecem um conjunto de técnicas necessárias para uma possível estruturação espacial, estabelecendo uma função de correlação espacial (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). Segundo Hamlett et al. (1986) as análises espaciais estão substituindo as estatísticas tradicionais pois consideram as correlações entre as observações vizinhas e não somente as observações independentes.

Um dos estimadores utilizados na geoestatística é o método de Krigagem. Segundo Grego (2014) o objetivo desse método é estimar valores para qualquer local desejado e essa estimativa resulta em uma combinação linear de valores medidos. A krigagem se baseia na ponderação dos vizinhos mais próximos do local a ser estimado, sempre obedecendo a critérios não tendenciosos, o que significa que a diferença entre valores estimados e observados para o mesmo ponto deve ser nula e ter mínima variância, ou seja, que os estimadores possuam a menor variância dentre todos os estimadores não tendenciosos.

No entanto, geralmente a geoestatística é utilizada sem se ter a compreensão de seu formulismo e tratamento matemático. O semivariograma, por exemplo, é obtido através da

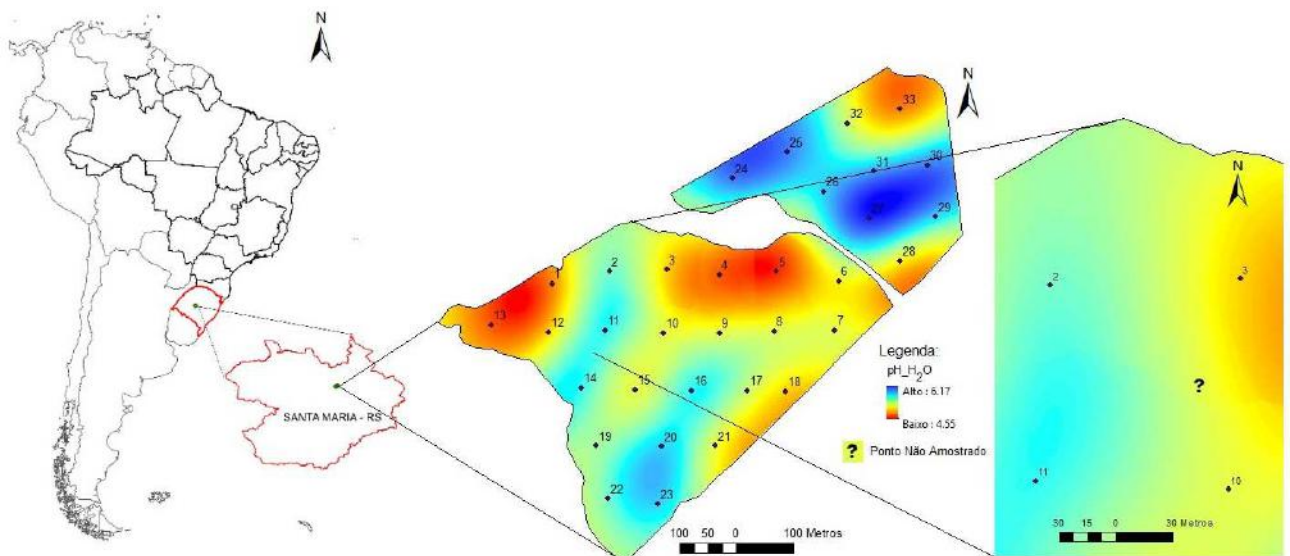
hipótese intrínseca, que necessita de uma série de cálculos para se obter o modelo de semivariograma ajustado, e posteriormente as estimativas e sua incerteza.

O objetivo deste trabalho foi utilizar um caso real e prático, aplicado nas Ciências Agrárias, para demonstrar a obtenção da estimativa do valor potencial hidrogenionico do solo determinado em água ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), para um ponto não amostrado, sua incerteza associada, e desta forma contribuir para o entendimento do usuário de como a geoestatística e a krigagem ordinária pontual funcionam. Especificamente, o objetivo é apresentar os cálculos utilizados para se obter a estimativa do valor de  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  e o seu respectivo desvio padrão (incerteza associada), para um ponto não amostrado em uma área de cultivo, utilizando o valor do atributo obtido em três pontos amostrais, e com isso facilitar ao usuário obter um melhor entendimento sobre o que processo geoestatístico realiza matematicamente.

## 2 DESCRIÇÃO DE CASO TÉCNICO

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de resultado de análise de solos para fins de fertilidade, fornecidos pelo Setor de Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico da UFSM, realizada no ano de 2017, composta por 33 pontos de coleta georreferenciados, obtidos nas chamadas áreas Vossoroca Norte e Vossoroca Sul, localizadas na Área Nova, Campus Sede da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria-RS, Brasil (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo e detalhamento dos pontos amostrais utilizados e do ponto não amostrados para geração de estimativa e incerteza associada para  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ .



Fonte: Autores.

As áreas de realização do estudo, Vossoroca Norte e Vossoroca Sul pertencem, segundo a classificação de Köppen, a uma região de clima temperado, chuvoso e quente (Cfa). Ainda, estão localizadas numa zona de transição entre o Planalto Meridional e a Depressão Central do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973). Conforme EMBRAPA (2006) a classe predominante de solo da no entrone desta aéreas é Argissolo Bruno acinzentado, sendo de textura média, friáveis e imperfeitamente drenados, solos ácidos e com saturação de bases baixa nos horizontes mais

superficiais, aumentando estes valores à medida que o perfil se aprofunda.

Dentre os atributos disponíveis foi possível utilizar o pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>, devido ao fato de ter sido possível obter ajuste do semivariograma teórico ao experimental para o mesmo (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). Para isto, foi utilizado o programa geostatístico GS+<sup>®</sup>, desenvolvido pela Gamma Design, versão 7.0 (ROBERTSON, 1998). Com o ajuste realizado, foram obtidos os valores de patamar (C+C<sub>0</sub>) e alcance (a), com os quais os cálculos propostos foram realizados.

Foram também utilizados os cálculos das semivariâncias experimentais (1), ajuste do modelo Gaussiano (2), neste caso específico obtido pelo ajuste do semivariograma, para cálculo das semivariâncias teóricas e distâncias entre pontos (3), modelo geral da krigagem ordinária (4), estimativa por krigagem ordinária pontual do valor da variável em um ponto não amostrado (5), e erro associado a estimativa (6), dados por:

$$\gamma_{(h)} = (1/(2 \cdot n)) \cdot E((Z_{x_i} - Z_{(x_i+h)})^2) \quad (1)$$

$$\gamma_{(h)} = C_0 + C[1 - \exp(-(h/a)^2)], \text{ com a condição: } C_0 + C \text{ se } a < h \quad (2)$$

$$d = \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2} \quad (3)$$

$$Z_{x_0} = \mu + \varepsilon_{x_i}; \hat{Z}_{x_0} = \sum \lambda_i \cdot Z_{(x_i)}; \varepsilon = Z_{(x_0)} - \sum \lambda_i \cdot Z_{(x_i)} \quad (4; 5 \text{ e } 6)$$

Onde,  $\gamma_{(h)}$  = semivariância;  $h$  = distância ou passo;  $Z_{x_i}$  = valor de uma variável qualquer medido no ponto  $x_i$ ;  $Z_{(x_i+h)}$  = valor de uma variável qualquer medido em um segundo ponto separado do ponto considerado  $Z_{x_i}$  por uma distância  $h$ ;  $C_0 + C$  = patamar;  $a$  = alcance;  $n$  = número de pareamentos;  $d$  = distância calculada a partir das coordenadas UTM dos pontos;  $Z_{x_0}$ ;  $\hat{Z}_{x_0}$  = valor de uma variável qualquer a ser estimado em um ponto não amostrado;  $E_i$  e  $N_i$  = Coordenadas UTM;  $\lambda_i$  = peso de ponderação.

Para realizar os cálculos da estimativa de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> e de sua incerteza (desvio padrão), foi utilizada uma planilha eletrônica Excel<sup>®</sup>, na qual foram inseridos os dados contidos na Tabela 1.

Tabela 1. Localização dos pontos amostrais utilizados, com seus respectivos valores para pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>, e coordenada do ponto não amostrado.

Pontos	Local	E(m)	N(m)	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>
2	Vossoroca Sul	233584,26	6708862,60	5,50
3	Vossoroca Sul	233685,18	6708865,71	5,00
10	Vossoroca Sul	233678,97	6708753,92	5,20
?	Vossoroca Sul	233663,656	6708809,442	-----

Legenda: ? – ponto não amostrado para o qual se quer realizar a estimativa e obter a incerteza associada; pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – potencial hidrogeniônico do solo determinado em água; E; N – Coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM), Fuso 22S, Datum WGS84.

Inicialmente foi realizado o ajuste do semivariograma teórico ao semivariograma experimental, com uso do programa GS+, sendo este último obtido pela Equação 1, aplicada aos 33 pontos amostrais. Como resultado deste ajuste, foi obtida a Figura 2.a, que descreve o ajuste do modelo Gaussiano (Equação 2) ao semivariograma experimental, resultando nos parâmetros contidos na Tabela 2.

A validação cruzada (Figura 2.b) sugere que o ajuste do modelo foi de ótima qualidade, conforme os critérios propostos por Amaral (2010), havendo pequenas diferenças entre valores amostrados ou reais (linha pontilhada) em relação aos estimados (linha contínua), além do baixa soma dos quadrados dos resíduos (SQR) no ajuste. Ainda, foram obtidos os seguintes

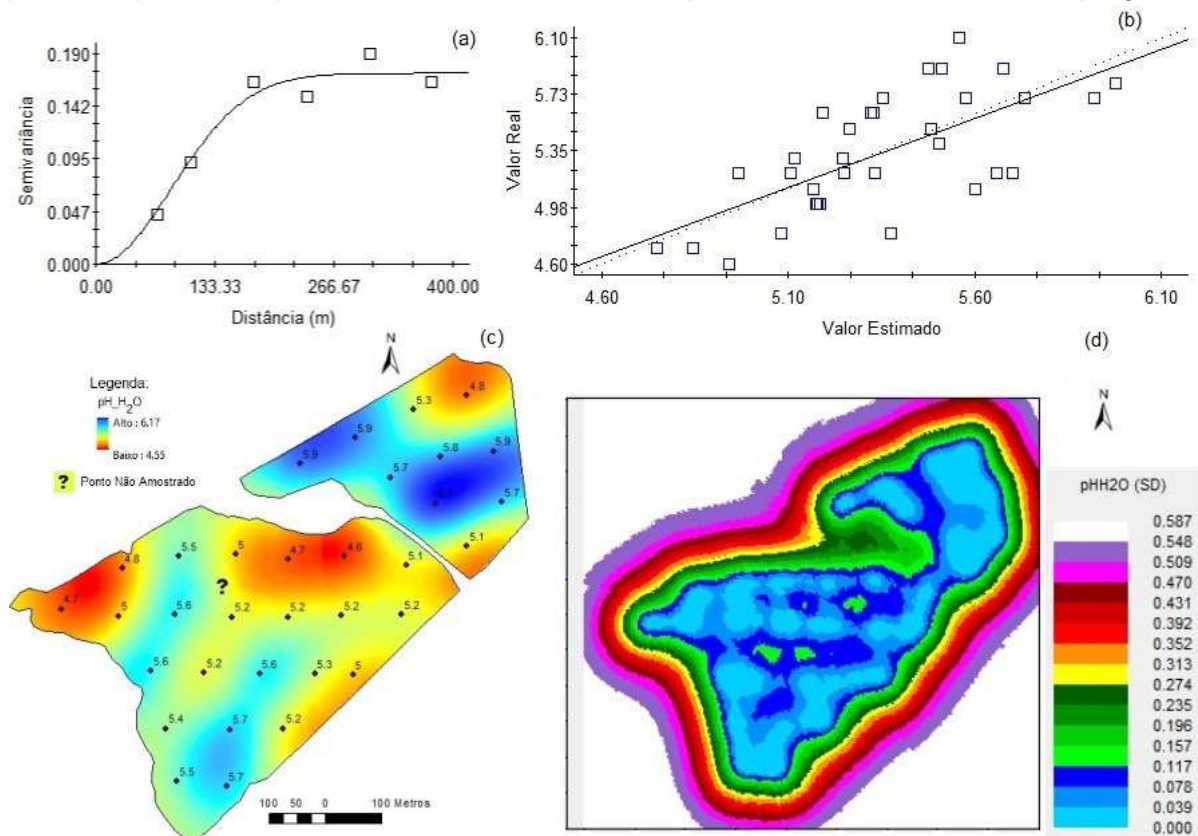
parâmetros, coeficiente angular de 0,918; erro padrão para o coeficiente angular de 0,180; coeficiente de determinação de 0,456; valor de intercepto de 0,43 e erro de estimativa de 0,293. Foram também gerados a interpolação do pH<sub>H2O</sub> para toda a área de cultivo (Figura 2.c), bem como a espacialização dos desvios padrões (figura 2.d).

Tabela 2. Parâmetros obtidos no ajuste do modelo gaussiano ao semivariograma experimental para pH<sub>H2O</sub>.

Variável	Modelo	C+C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	C	a (m)	R <sup>2</sup>	C/(C+C <sub>0</sub> )	GD	SQR
pH <sub>H2O</sub>	Gaussiano	0,17220	0,0001	0,17210	206,98	0,944	99,9 %	Forte	0,0008404

Legenda: C+C<sub>0</sub> – patamar; C<sub>0</sub> – efeito pepita; C – variação estrutural; a – alcance; R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação; GD – Grau de dependência espacial; SQR – Soma dos quadrados dos resíduos.

Figura 2. Ajuste do semivariograma isotrópico com o modelo Gaussiano (a), Validação Cruzada (b), interpolação por Krigagem Ordinária pontual (c) e incerteza associada às estimativas (desvios padrões) (d) obtidas para os dados oriundos dos 33 pontos amostrais com uso do programa GS+.



Fonte: Autores.

O desenvolvimento dos cálculos foi estruturado em sete passos, a seguir, com o objetivo de solucionar o Sistema de Equações (Equação 7), a seguir.

No 1º Passo, foram calculadas as distâncias e as semivariâncias entre os pontos amostrais considerados na estimativa por krigagem, no caso os pontos 2, 3 e 10, utilizando respectivamente as Equações 1 e 3, conforme segue:

$$dh_{(P2\_P3)} = \sqrt{(233685,18 - 233584,26)^2 + (6708865,71 - 6708862,60)^2} = 100,97 \text{ m} \quad (8)$$

$$\gamma_{(P2\_P3)} = (1/(2.1)).((5,50 - 5,00)^2) = 0,1250 \quad (9)$$

$$dh_{(P2\_P10)} = \sqrt{(233678,97 - 233584,26)^2 + (6708753,92 - 6708862,60)^2} = 144,16 \text{ m} \quad (10)$$

$$\gamma_{(P2\_P10)} = (1/(2.1)).((5,50 - 5,20)^2) = 0,0450 \quad (11)$$

$$dh_{(P3\_P10)} = \sqrt{(233678,97 - 233685,18)^2 + (6708753,92 - 6708865,71)^2} = 111,96 \quad (12)$$

$$\gamma_{(P3\_P10)} = (1/(2.1)).((5,00 - 5,20)^2) = 0,0200 \quad (13)$$

No 2º Passo, foram utilizados os valores de patamar (C+C<sub>0</sub>) e alcance (a) (Tabela 2), oriundos do ajuste do modelo Gaussiano (Equação 2) às semivariâncias experimentais (Figura 2.a), sendo inclusos no referido modelo, para o cálculo das semivariâncias teóricas entre os valores de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> obtidos nos pontos amostrais, dadas agora em função das distâncias que separam os pontos, conforme segue:

$$\gamma_{(P2\_P3)} = 0,172200[1 - (\exp(-(100,97/206,98)^2))] = 0,036466482 \quad (14)$$

$$\gamma_{(P2\_P10)} = 0,172200[1 - (\exp(-(144,16/206,98)^2))] = 0,066185745 \quad (15)$$

$$\gamma_{(P3\_P10)} = 0,172200[1 - (\exp(-(111,96/206,98)^2))] = 0,043684675 \quad (16)$$

Desta forma, foi obtida a matriz das semivariâncias experimentais  $\Gamma$ .

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & 0,036466482 & 0,066185745 & 1 \\ 0,036466482 & 0 & 0,043684675 & 1 \\ 0,066185745 & 0,043684675 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

O 3º passo consiste no cálculo da matriz inversa de  $\Gamma$ . Para tanto, é necessário observar se o determinante de  $\Gamma$  é diferente de zero, caso isso ocorra, a referida matriz poderá ser invertida, como segue abaixo:

$$\Gamma^{-1} = \frac{1}{\det(\Gamma)} \cdot \bar{\Gamma}; \quad \det(\Gamma) = (\gamma_{11} * A_{11}) + (\gamma_{21} * A_{21}) + (\gamma_{31} * A_{31}) + (\gamma_{41} * A_{41}); \quad \bar{\Gamma} = C^t \quad (10, 11, 12)$$

Onde,  $\Gamma^{-1}$  = matriz inversa de  $\Gamma$ ;  $\det(\Gamma)$  = determinante da matriz  $\Gamma$ ;  $\bar{\Gamma}$  = matriz adjunta de  $\Gamma$ ;  $\gamma_{ij}$  = semivariâncias da matriz  $\Gamma$ ;  $A_{ij}$  = cofatores;  $ij$  = sistema linha x coluna;  $C^t$  = matriz dos cofatores transposta.

Os cofatores são dados por:

$$A_{ij} = (-1)^{i+j} \cdot D_{ij} \quad (13)$$

Onde,  $A_{ij}$  = cofator do elemento  $a_{ij}$ ;  $D_{ij}$  = determinante obtida para  $\Gamma$  conforme a referencia  $ij$ .

Como exemplo será demonstrado o cálculo do cofator Foram obtidos os cofatores  $A_{11} = 0,08736935$ ;  $A_{21} = -0,073403938$ ;  $A_{31} = -0,013965411$  e  $A_{41} = -0,002575978$ , que resultaram no  $\det(\Gamma) = -0,006177073$  (11), sendo possível obter  $\Gamma^{-1}$ . Para isso, é necessário obter  $\bar{\Gamma}$ , que por sua vez exige a determinação da matriz de cofatores (C) (16).

$$C = \begin{bmatrix} 0,087369350 & -0,073403938 & -0,013965411 & -0,002575978 \\ -0,073403938 & 0,132371491 & -0,058967552 & -0,000924311 \\ -0,013965411 & -0,058967552 & 0,072932964 & -0,002676783 \\ -0,002575978 & -0,000924311 & -0,002676783 & 0,00021087 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Foi determinada a matriz adjunta de  $\Gamma$ , transpondo a matriz de cofatores (12), que permitiu obter  $\Gamma^{-1}$  (10).

$$\bar{\Gamma} = \begin{bmatrix} 0,087369350 & -0,073403938 & -0,013965411 & -0,002575978 \\ -0,073403938 & 0,132371491 & -0,058967552 & -0,000924311 \\ -0,013965411 & -0,058967552 & 0,072932964 & -0,002676783 \\ -0,002575978 & -0,000924311 & -0,002676783 & 0,00021087 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\Gamma^{-1} = \begin{bmatrix} -14,1441345 & 11,8832883 & 2,2608461 & 0,4170225 \\ 11,8832883 & -21,4294849 & 9,5461966 & 0,1496358 \\ 2,2608461 & 9,5461966 & -11,8070427 & 0,4333417 \\ 0,4170225 & 0,1496358 & 0,4333417 & -0,0341377 \end{bmatrix} \quad (10)$$

No 4º Passo, foi obtido o vetor das semivariâncias teóricas ( $g$ ) de cada ponto amostral em relação ao ponto não amostrado, que compõe o Sistema de Equações utilizado. Para tanto, foram calculadas as distâncias entre os pontos amostrais ( $P_2$ ,  $P_3$  e  $P_{10}$ ) e o ponto não amostrado (?), que foram inseridas novamente no modelo Gaussiano obtido. As distâncias obtidas foram  $dh_{(P_2_?)} = 95,55$  m;  $dh_{(P_3_?)} = 60,24$  m;  $dh_{(P_{10}_?)} = 57,60$  m, e as semivariâncias obtidas foram disposta no vetor ( $g$ ) (Equação 16). Abaixo tem-se o exemplo do cálculo da  $\gamma_{(P_2_?)}$

$$\gamma_{(P_2_?)} = 0,172200[1 - (\exp(-(95,55/206,98)^2))] = 0,0330498559 \quad (15)$$

$$g = \begin{pmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \gamma_{30} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0330498559 \\ 0,0139875261 \\ 0,0128305002 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

No 5º Passo foi obtido o vetor de pesos de ponderação ( $\lambda$ ), dados pelo produto  $\Gamma^{-1} \cdot g$ , a ser aplicado as distâncias que separam o ponto não amostrado em relação aos pontos amostrais.

$$\lambda = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,144786481 \\ 0,365113753 \\ 0,490099767 \\ -0,012702177 \end{pmatrix} \quad (17)$$

No 6º Passo foi estimado ou predito o valor da variável no ponto não amostrado (?) por krigagem Ordinária, pelo produto dos valores de pH<sub>H2O</sub> mensurados nos pontos amostrais considerados ( $P_2$ ,  $P_3$  e  $P_{10}$ ) com seus respectivos pesos de ponderação dados em função da distância.

$$\hat{Z}_{x_0} = (5,5 * \lambda_1) + (5 * \lambda_2) + (5,3 * \lambda_3) \quad (18)$$

$$\hat{Z}_{x_0} = 5,17$$

E por fim, no 7º Passo, foi determinada a incerteza associada à estimativa realizada, calculando-se a variância dada pelo somatório dos produtos dos elementos dos vetores  $g$  e  $\lambda$ , e pelo seu respectivo desvio padrão.

$$S^2 = \Sigma(\gamma_n \cdot \lambda_n) = 0,016180436 \quad (19)$$

$$S = \sqrt{S^2} = 0,127202341 \quad (20)$$



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que a sequência de cálculos apresentada permite aos usuários entender com mais facilidade o processo geostatístico em si quando aplicado à interpolação por Krigagem Ordinária, e a variável utilizada neste exemplo, o pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>, foi um facilitador neste processo.

É importante realizar ajuste correto dos semivariograma, pois o mesmo influencia na composição do vetor de pesos ( $g$ ), e este por sua vez no resultado da interpolação.

Deve-se levar em conta que com o aumento do número de pontos a serem considerados neste processo de interpolação, aumentará o tamanho das matrizes e vetores envolvidos, e gerará maior volume de cálculos, afinal todos esses cálculos foram utilizados para estimar um ponto na área de interesse.

A estimativa obtida para pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> foi de 5,17 com desvio padrão de 0,13 pontos na escala de pH.

#### REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. P. **Geoestatística na caracterização do solo e da vegetação em Floresta Ombrófila Mista**. Guarapuava, 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UNICENTRO, Guarapuava.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-31, 2010.
- GREGO, C. R. **Geoestatística aplicada a Agricultura de precisão** – Resultados de um novo olhar. EMBRAPA, Brasília – DF, 2014.
- HAMLETT, J. M. et al. Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analyses. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 50, p. 868-875, 1986.
- MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005.
- ROBERTSON, G. P. **GS+: geostatistics for the environmental sciences**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998, 152 p.
- ROSA, R. Análise Espacial em Geografia. Spatial Analysis in Geography. Universidade Federal de Uberlândia. **Revista da Ampege**, v. 7, n. 1, p. 275-289, 2011.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo.** In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciências do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 2000. v.1, p.1-53.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística:** conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 215p.

# PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA MAPEAMENTO E GEOESTATÍSTICA NA VITICULTURA SOBRE SISTEMA DE CONDUÇÃO DE ESPALDEIRA BASEADO EM UM ESTUDO DE CASO

*Proposal of mapping methodology and geoetistics in viticulture on a case  
study driver driving system*

**Modalidade:** Descrição de Caso Técnico

Márcio da Silva Santos<sup>1</sup>, Luciano Gebler Tal<sup>2</sup>, Elódio Sebem<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UFSM, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [geoprural@gmail.com](mailto:geoprural@gmail.com),  
[elodiosebem@politecnico.ufsm.br](mailto:elodiosebem@politecnico.ufsm.br)

<sup>2</sup> Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal: 177, 95200-000, Vacaria – RS, Brasil,  
[luciano.gebler@embrapa.br](mailto:luciano.gebler@embrapa.br)

## RESUMO

A etapa de amostragem na Fruticultura de Precisão nem sempre oferece resolução satisfatória, dado as pequenas dimensões das áreas analisadas versus o número mínimo de pares exigidos pela geoestatística. Isto pode acarretar falhas no mapeamento de atributos de solo e plantas e levar a tomadas de decisões equivocadas ou pouco efetivas para o refinamento que se busca com o manejo sítio específico. O viticultor deve definir o esquema de amostragem com custo viável, mas sem prejuízo dos critérios técnicos, evitando os erros de interpretação e o manejo inadequado. A área de estudo foi composta por um vinhedo formado por três áreas de 1,0 ha cada, formada por variedades viníferas (Chardonay, Merlot e Pinot Noir), localizada na Zona Rural do município de Muitos Capões – RS. Foi estabelecida uma malha amostral semi-dirigida com linhas base onde foram distribuídos pontos a cada 20 metros, totalizando 74 pontos amostrais nos 3 hectares da área de estudo. Este estudo resultou no desenvolvimento e na proposição de uma metodologia para o mapeamento dos parâmetros de solo, fitotécnico e enológicos para sistemas de condução de videira em espaldeira.

**Palavras-chave:** Grid amostral. Viticultura de precisão. Amostragem de campo.

## ABSTRACT

The sampling stage in Precision Fruit Farming does not always offer satisfactory resolution, given the small size of the analyzed areas versus the minimum number of pairs required by geostatistics. This can lead to faulty mapping of soil and plant attributes and lead to poor or ineffective decision-making for site-specific refinement. The winegrower must define the sampling scheme at a viable cost, but without prejudice to the technical criteria, avoiding misinterpretation and improper handling. The study area consisted of a vineyard formed by three areas of 1.0 ha each, formed by wine varieties (Chardonay, Merlot and Pinot Noir), located in the rural area of the municipality of Many Capões - RS. A semi-directed sample grid with baselines was established where points were distributed every 20 meters, totaling 74 sample points in the 3 hectares of the study area. This study resulted in the development and the proposition of a methodology for the mapping of soil, phytotechnical and oenological parameters for vineyard systems.

**Keywords:** Sampling grid. Precision viticulture. Field sampling.

## 1 INTRODUÇÃO

O emprego da Agricultura de Precisão (AP) é uma tecnologia relativamente nova no cultivo da videira, onde passa a ser especificamente denominada como Viticultura de Precisão (VP), destacando-se os trabalhos pioneiros conduzidos nos Estados Unidos (WAMPLE et al., 1998) e na Austrália (BRAMLEY e PROFFITT, 1999; PROFFITT et al., 2006). Posteriormente, foi adotada por viticultores da Europa, como França e Espanha e na América do Sul (MIELE et al., 2014). A vitivinicultura de precisão está relacionada a países que apresentam alto desenvolvimento tecnológico, onde sua adoção e resultados tem trazido êxito à atividade (ESSER, 2002).

Segundo Flores et al., (2011) a Viticultura de Precisão (VP) pode ser entendida como a gestão da variabilidade temporal e espacial das parcelas com o objetivo de melhorar o rendimento econômico da atividade, tanto pelo aumento da produtividade e/ou qualidade, como pela redução dos custos de produção e impacto ambiental. Na prática, a viticultura de precisão envolve sempre um preponderante componente de gestão da variabilidade espacial.

No Brasil, a Viticultura de Precisão ainda é uma tecnologia incipiente, ainda são necessárias extensas pesquisas e testes, como também é preciso desenvolver softwares, sensores de campo, equipamentos de distribuição em taxa variável (VRT), poda específica, sincronização de irrigação, aplicação de fertilizantes, dentre outros (Cass, 2013), buscando melhorar a eficiência do uso de mão-de-obra, da irrigação e fertilização, aumentar a produção, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da atividade (PROFFIT et al., 2006).

O conhecimento da variabilidade espacial dos principais indicadores químicos de avaliação da fertilidade também é uma alternativa para o estudo da variabilidade na produtividade (VIANA, 2005; LIMA e SILANS, 1999). Assim, a integração de atributos químicos, físicos e biológicos do solo, combinando com as informações do mapa de produtividade, é forma mais completa na investigação dessa variabilidade, uma vez que há a comparação entre os dados de início (ex. fertilidade) e fim (ex. produtividade), finalizando o processo (MOLIN, 2002; CAPELLI, 2003; SANTI, 2007).

A variabilidade inconsistente é atribuída a fatores transitórios variando sua participação na variabilidade de uma safra para outra (CAPELLI 2003; DURIGON, 2007). Portanto, a amostragem feita de forma correta pode reduzir tal inconsistência, tendo por objetivo representar um todo (população estatística) com base na avaliação de apenas uma porção dele (amostra), podendo ser aplicada na investigação dos mais diversos fatores de produção como, por exemplo, amostragem de solo, (química ou física), tecido vegetal, ocorrência de pragas ou doenças, dentre outros (MOLIN et al., 2015).

A determinação dos pontos amostrais por meio de um receptor GPS de navegação não é recomendável para uso em AP tradicional, os erros inerentes ao código C/A são na ordem de 1m a 5m, uma vez que, para conseguir fazer aplicações localizadas, monitorar colheita e aplicar todos os conceitos, são necessárias acurácia e repetibilidade. Tonello e Bortoluzzi, (2011), verificaram para culturas extensivas anuais, que a exatidão e a precisão dos pontos gerados por receptores GPS de navegação não foram compatíveis com a norma para a amostragem sistemática de solo recomendada pela comissão a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, (2004).

Na fruticultura, entretanto, há uma forma prática de restringir esse erro, pois sendo uma cultura perene (ou de longo curso), basta associar a leitura das coordenadas com o registro da posição do ponto junto ao número da fileira e da planta, uma vez que os pomares, pela sua regularidade de plantio, já compõem um sistema cartesiano próprio, e o uso do GPS de navegação

somente será necessário para situar este grid de plantas no geoide de trabalho (Superfície cartográfica).

Embora as estratégias de investigação em AP tenham focos distintos das empregadas no sistema convencional, os procedimentos de coleta das amostras (solo para análise retirado da linha ou entre linha ou a escolha da folha durante o estágio fenológico adequado para análise), continuam os mesmos utilizados no processo de amostragem pela média, com apenas algumas adaptações. O tipo mais comum de amostragem georreferenciada utilizada na AP é conhecida como grade amostral, podendo ser por amostragem simples ou composta (MOLIN et al., 2015).

A vantagem da amostragem simples direcionada por pontos amostrais, é que os pontos de coleta podem ser indicados em regiões que demandam investigação detalhada. No caso de culturas perenes, recomenda-se coletar as amostras de solo separadas. Uma no local da adubação (normalmente na projeção da copa das plantas), entre plantas ou entre as linhas de plantio.

Em áreas pequenas, por exemplo, ocupadas pela cultura da videira nas regiões produtoras do estado do Rio Grande do Sul, as médias das propriedades são de 2,5 ha, (PROTAS e CAMARGO, 2010). Para estas áreas, a grande densidade de pontos vai requerer do produtor maior tempo demandado trabalho, e conseqüentemente maior o custo, dado que, geralmente são coletadas de 5 a 12 sub amostras por ponto de amostragem de solo em um raio de 3 a 5 m do ponto central (MOLIN et al., 2015).

As sub amostragens podem diluir variações em curtíssimas distancias causada pelas características do cultivo agrícola ou algum problema em aplicações de fertilizantes anteriores, caracterizando assim bem o ponto amostral e evitando o impacto negativo de uma amostragem que não represente a região (MOLIN et al., 2015). Portanto cada atributo de análise (teores de diferentes elementos químicos no solo, textura do solo, ocorrência de pragas etc.) pode exigir uma densidade amostral específica, de acordo com a sua dependência espacial.

A densidade amostral afeta diretamente a qualidade do mapa final gerado a partir da amostragem. De maneira geral, quanto maior a quantidade de pontos, melhor é a representação da área, porém mais cara e laboriosa fica a coleta e a análise das amostras. Neste sentido, busca-se a menor densidade amostral possível, porém sem prejudicar a qualidade do produto final.

O que limita a redução da densidade é a interpolação dos dados, pois quanto maior a distância entre os pontos, pior é a estimativa de valores no espaço entre eles. Assim, a comunidade acadêmica prega o dimensionamento de grades por meio da análise geoestatística, entre 0,5 ha e, no máximo, 2 ha por amostra (Molin et al., 2015). Segundo os autores, em grades pouco densas, é comum reconhecer grandes manchas no formato de um círculo ao redor do ponto amostral, coloquialmente chamadas de "olho de boi".

A alta densidade de pontos amostrais fundamenta-se no conceito de que o número mínimo de amostras para uma boa eficiência de operação por krigagem deve ser superior a 50 pontos amostrais, para a construção de semivariogramas confiáveis, são necessários no mínimo 30 números de pares de pontos (OLIVER, 2010; MOLIN et al., 2015).

Na fruticultura, principalmente na viticultura, as áreas de trabalho geralmente são de pequenas dimensões, sendo uma fração daquelas tradicionalmente utilizadas para a cultura de grãos. Isso acaba por gerar problemas na definição de número de pontos amostrais, já que não é incomum uma densidade de mais de 10 pontos amostrais por hectare, podendo, em alguns casos, existirem áreas totais menores de um hectare. Assim, é importante a compreensão da representatividade de cada ponto do grid, sendo comum uma relação de menos de 500 metros

quadrados por ponto. Assim, ao buscar o atendimento à exigência da geoestatística pela existência de número mínimo de pares (GEBLER et al., 2015), gera-se conflito econômico com o proprietário, pouco acostumado com tal densidade de pontos de coleta.

Na fruticultura, principalmente em culturas as pequenas áreas de produção (até 10 hectares) são predominantes, caso da vitivinicultura, dispõe-se de poucas pesquisas e escassa literatura sobre metodologias para a construção de grades amostrais para a coleta de dados a campo. Isso resultou no desenvolvimento e na proposição de uma metodologia para criação de grades amostrais para sistemas de condução de videira em espaldeira. O objetivo deste trabalho era propor uma metodologia de amostragem para o mapeamento das variáveis e parâmetros necessários para aplicação da viticultura de precisão em sistema de condução de espaldeira.

## 2 DESCRIÇÃO DE CASO TÉCNICO

### 4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DA METODOLOGIA UTILIZADA

A área de estudo, localizada na Zona Rural do município de Muitos Capões – RS, na Fazenda Vinhedo Entre Rios (Latitude: -28.387376°, Longitude: -51.253558°), era composta por um vinhedo adulto, com mais de 10 anos, totalizando 3,0 ha, divididos igualmente (1,0 ha) entre as variedades viníferas *Chardonnay*, *Merlot* e *Pinot Noir*, destinado à elaboração de vinhos finos e espumantes. A condução se dá sob o sistema de espaldeira, com espaçamento de 1 m entre plantas e 3 m entre linhas, adotando-se o manejo de poda verde.

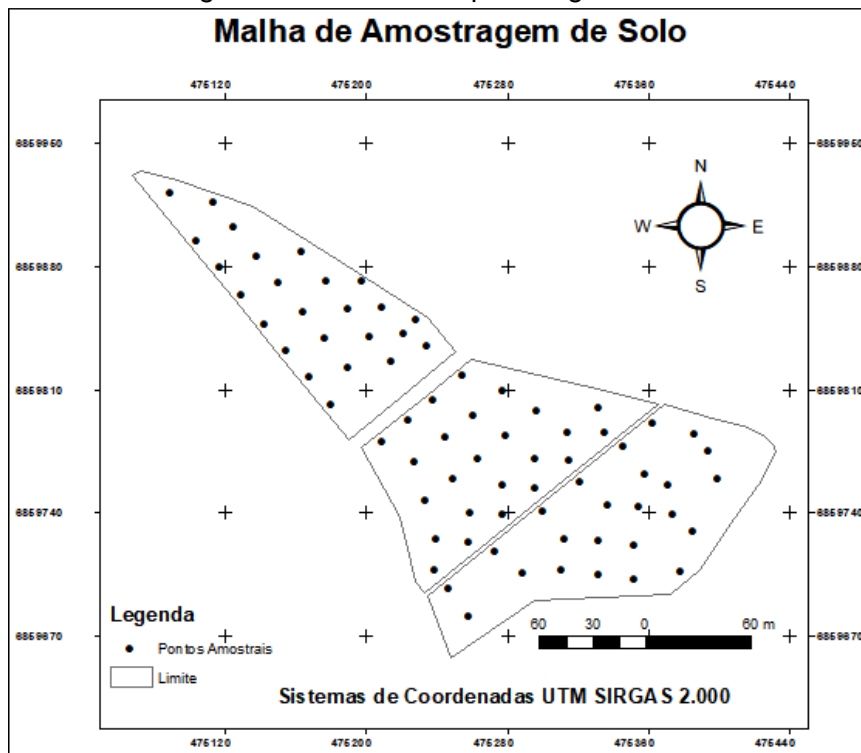
O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Cfb (Peel et al., 2007), com pluviosidade média anual de 1.775 mm e temperaturas médias de 16.2 °C (PEREIRA et al., 2009). O relevo se apresenta suavemente ondulado com altitudes entre 843 e 850 metros.

Foi estabelecida uma malha amostral semi dirigida para cada parcela representada pela variedade plantada, com sua linha base situada na fileira de plantas, a partir da qual foram distribuídos pontos a cada 20 metros lateralmente. Para marcação dos pontos ortogonais a essa linha base, quando o ponto teórico do grid situava-se na entrelinha das plantas, sua posição era aproximada da planta mais próxima, aumentando-se ou reduzindo o raio de 20 metros, gerando, portanto, uma nova linha de pontos a cada 4-6 linhas de plantio aproximadamente (buscou-se manter uma relação de representatividade em torno de um ponto para cada 400 m<sup>2</sup>), totalizando 74 pontos amostrais nos 3 hectares da área de estudo.

Para a delimitação da área foi utilizado um receptor GPS/GNSS (RTK GR-3 FH915) e para a construção da grade amostral foram utilizados os softwares ArcGIS 10.3 e o editor MS Office (Figura 1).

A grade amostral serviu de base para posterior análises química e física dos parâmetros de solo, fitotécnicos e enológicos. Vale ressaltar que os procedimentos de coleta foram semelhantes aos empregados nas amostragens convencionais, alterando-se o georreferenciamento do ponto amostral, que servirá para caracterização da variabilidade espacial do fator investigado.

Figura 1 - Malha de amostragem de solo com 74 pontos georreferenciados



Fonte: autor.

#### 4.2 GERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL PARA COLETA DE SOLO

A coleta de solo para fins de quantificação dos teores químicos do solo foi realizada por amostragem simples, tomando como base a malha amostral com 74 pontos distribuídos nos 3 hectares da área de estudo (gerando uma relação de representação em torno 400 m<sup>2</sup> por ponto).

Os pontos do grid da malha amostral ficavam onde normalmente se faz a adubação na videira, permitindo a amostragem para a análise química e física do solo. Deve se atentar que em cultivo de plantas perenes, o ponto amostral pode estar em local não adequado para a amostragem, por exemplo, sobre um terraço, obstáculos físicos como rochas ou próximo a uma mancha de adubação, neste caso o ponto deve então ser deslocado poucos centímetros para um local adequado e sua nova coordenada deve ser registrada, quando necessário.

No atual estudo de caso, foi utilizando um trado holandês nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, porém o instrumental pode ser variado, desde que siga a metodologia e recomendações da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2016).

#### 4.3 GERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL PARA OS PARÂMETROS FITOTÉCNICOS E ENOLÓGICOS

Para análise dos parâmetros fitotécnicos, foi contabilizado todos os cachos das 3 plantas mais próximas de cada ponto amostral do grid (Figura 3). Também foram colhidos aleatoriamente 3 cachos por planta próximo ao ponto amostral (amostragem composta), sendo posteriormente pesados em laboratório em balança de precisão, e feito a média para obtenção da massa dos cachos.

Figura 3 - Metodologia dos parâmetros fitotécnicos e enológico.



Fonte: autor

Para o cálculo da produtividade por ponto amostral, foram contabilizados todos os cachos de 3 plantas próximas ao ponto amostral, após calculado a média, multiplicou-se pela média da massa dos cachos em cada ponto amostral. Os parâmetros fitotécnicos para este estudo foram: Produção média por ponto amostral - **PM**, Produtividade por ponto amostral - **Prod.**, (gramas/ponto) e Massa média dos cachos por ponto amostral - **MMC**, (cachos/g).

A coleta dos cachos para fins de quantificação dos parâmetros fitotécnicos foi realizado por amostragem composta, tomando como base a malha amostral com 74 pontos distribuídos nos 3 hectares da área de estudo, ou seja, cada ponto amostral foi representado por 7 plantas.

Os cachos de uvas foram coletados aproximadamente na fase fenológica 89 BBCH (maturação plena), segundo a escala de Lorenz et al., (1995), conforme a metodologia do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa, (2009).

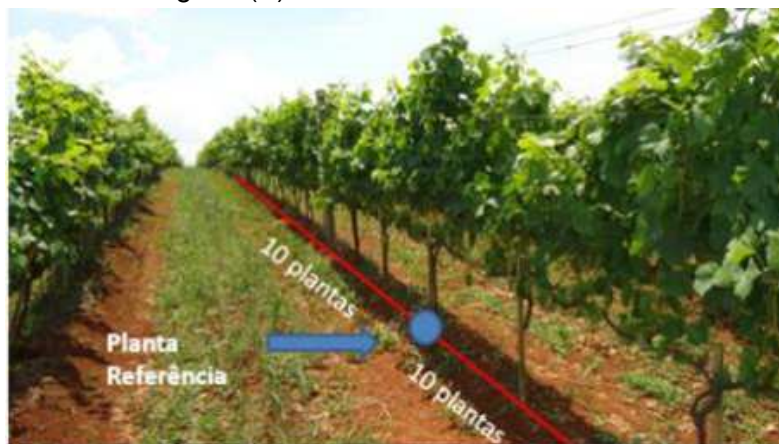
Foram coletados 3 cachos nos 74 pontos amostrais, sendo cerca 222 cachos em 3 hectares da área de estudo. Esta é uma coleta muito sensível na vitivinicultura, pois afeta diretamente a produção final de vinho, uma vez que tais parreirais são dimensionados para uma produção de cachos reduzida, favorecendo a qualidade ao máximo em detrimento da produtividade. Assim, não é possível uma amostragem intensa, sob pena de afetar a lucratividade do empreendimento. Assim, a densidade de amostragem de cachos coletados na área de estudo foi definida com base na representação do volume total, ou seja, cerca de 0,5 % do volume total de cachos da área.

#### 4.4 GERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL PARA ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO VEGETAL

Para análise química do tecido vegetal coletou-se 100 folhas inteiras e saudáveis no período de pleno florescimento dentre as 20 plantas mais próximas à planta referenciada (Figura 5). A seleção consistiu na coleta da folha na posição oposta do primeiro cacho, a partir da base do ramo. Foi coletada uma folha por ramo/cacho, no estágio fenológico 81 BBCH, segundo a classificação fenológica de Lorenz et al., (1995) e conforme a metodologia do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa, (2009).



Figura 5 - Coleta do tecido vegetal (A)



Fonte: autor

Devido à impossibilidade de encontrar 100 folhas por ramo cacho, como determinado no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa, (2009), a coleta das folhas para fins de quantificação dos teores químicos do tecido vegetal foi realizado por amostragem composta, tomando como base a malha amostral com 74 pontos distribuídos nos 3 hectares da área de estudo (gerando uma relação de representação em torno 21 m<sup>2</sup> por ponto amostral), ou seja, a amostragem composta dentre as 20 plantas representa um ponto amostral do grid.

#### 4.5 PROCESSAMENTO DE DADOS E FILTRAGENS

As variáveis das análises química/física, parâmetros fitotécnicos e enológicos deste estudo, passaram por análise estatística descritiva, foram determinando a média, mediana, desvio padrão (s), valor mínimo, valor máximo, coeficiente de variação (C.V.%) e variância (s<sup>2</sup>). Também foram realizadas análises dos dados brutos através de histogramas e diagramas de caixa (boxplot), identificando e eliminando os valores anômalos, conforme (MOLIN et al., 2015).

Antes de se realizar qualquer inferência sobre os dados obtidos, é necessário realizar a sua análise descritiva e exploratória, independente de eles terem sido coletados de forma esparsa, como a amostragem de solo em grade, ou grande densidade, como os dados de produtividade. Essa etapa possui duas principais finalidades: identificar erros e valores discrepantes (valores anômalos, outliers) e obter um entendimento preliminar de comportamento dos dados (MOLIN et al., 2015).

Para fins da análise variográfica das variáveis estudadas foi feita a classificação de dependência espacial de Cambardella et al., (1994), que relaciona o Efeito Pepita com o Patamar, esta medida é mais utilizado em trabalhos com geoestatística envolvendo agricultura, (CARVALHO, 2003; SALVIANO et al., 1998; ZARDO, 2009; SEBEM, 2017). A classificação de Cambardella et al.; (1994), tem-se que a dependência espacial (DE) é forte, se o valor encontrado for maior que 75%; moderada, se os valores estiverem entre 25% e 75%; e fraca, se o valor for menor que 25%.

A (DE) é fundamental para revelar tanto o grau ou a magnitude da continuidade espacial de um atributo em estudos de variabilidade espacial quanto o seu modo de variação (sua estrutura) (SEBEM, 2017). Segundo Molin et al., (2015), o grau de dependência espacial (DE) é forma de

quantificar quão dependentes da localização os valores de uma variável são, ou seja, agrupada é sua distribuição espacial.

Para definição do modelo e ajuste dos semivariogramas adotou-se como parâmetros a menor soma de quadrados de resíduos (SQR), o menor efeito pepita (C0), menor alcance (ranger) em relação à distância máxima (lag distance), a análise de variância e a classificação de dependência espacial (DE), para os dados que cumpriram estes critérios, adotou-se a interpolação por krigagem ordinária seguido pela validação cruzada, de outro modo, admitiu-se o interpolador Inverso da Distância (IDW) (RIBEIRO JR. e DIGGLE, 2001).

A correta determinação destes parâmetros é importante, o semivariograma expressa a dependência espacial de determinada variável, mostrando quanto da variação encontrada entre as amostras é atribuída às diferenças de distância entre os pontos e quanto é o efeito aleatório (MOLIN et al., 2015).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fator que limita o tamanho da grade ou a distância entre os pontos é dado pela necessidade da interpolação (geoestatística).

Dado a representatividade da célula por ponto, pode-se utilizar amostragem simples e amostragem composta na vitivinicultura.

Para a vitivinicultura, recomenda-se o balanceamento entre a necessidade técnica (no mínimo 30 pontos amostrais) e o custo da coleta por hectare, lembrando que os parâmetros de análise de solo e tecido foliar, atualmente, não dependem de variedade ou cultivar, mas que os parâmetros para vinificação podem depender desse diferencial.

### REFERÊNCIAS

- BRAMLEY, R. G. V.; PROFFITT, A. P. B. **Managing variability in viticultural production. The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker**, n. 427, 1999, p. 11-16.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. **Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils.** Soil Science Society of American Journal, n. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CAPELLI, N. T. **Agricultura De Precisão - Novas Tecnologias Para o Processamento Produtivo.** Disponível em: <[HTTP://www.bases,cnptia. embrapa,br/cria/gip/capelli](http://www.bases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/capelli)>. Acesso em: 26 Jun. 2019.
- CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. **Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP).** Revista brasileira de ciência do solo. Viçosa, n. 27, p. 605-703, 2003.
- CASS, A. **Viticultura de precisión: Introducción y objetivos Viticultura de Precisión.** In: Viticultura de precisión, 8. Madrid: Fundación para la Cultura del Vino, 2013. Disponível em: [http://culturadelvino.org/fcv/wp-content/uploads/pdf/encuentros/encuentro\\_2013.pdf](http://culturadelvino.org/fcv/wp-content/uploads/pdf/encuentros/encuentro_2013.pdf). Acesso em: 1Jun. 2018.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. 147 F. 2007. Tese (doutorado em engenharia agrícola), Universidade Federal de Santa Maria.

ESSER, A. A. **Aplicaciones de la viticultura de precisión en Chile**. Trabajo de finalización del curso (Graduación en Agronomía) - Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 2002. 26 p.

FLORES, C. A.; ALBA, J. M. F.; LEVIEN, H. F.; ZARNOTT, D. H.; MIELE, A.; PAVAN, C. **Levantamento detalhado dos solos e a viticultura de precisão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia, XXXIII Congresso brasileiro de ciência do solo. Uberlândia: SBCS 2011.

GEBLER, L.; GREGO, C. R.; VIEIRA, A. L.; KUSE, L. da R. Spatial influence of physical and chemical parameters on management zone definition in apple orchards. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 6, p. 1160-1171, 2015.

LIMA, C. A. G.; SILANS, A. P. **Variabilidade espacial da infiltração de água no solo**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília v. 34, no12 p.2311-2320, dezembro, 1999.

LORENZ, D.H.; EICHHORN, K.W.; BLEIHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*): Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 1, p. 100–103, 1995.

MOLIN, J. P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal v22 n1 p 83-92. 2002.

MOLIN, J. P., AMARAL, L. R., COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1. Ed. São Paulo: oficina de textos, 2015. 119-130 p.

OLIVER, M. A. **Geoestatistical applications for precision agriculture**. New York: springer, 2010.

PEEL, M. C. FINLAYSON, B. L. MCMAHON, T. A.. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 2007, 4 (2), pp.439-473.

PEREIRA, T.P. et al. O clima da Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul: condições térmicas e hídricas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.15, n.2. p.145-157, 2009.

PROFFITT, T.; BRAMLEY, R.; LAMB, D.; WINTER, E. **Precision viticulture: A new era in vineyard management and wine production**. Ashford: Wine titles, 2006. 90 p.

PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A. **Vitivinicultura brasileira: panorama setorial de 2010**.

Brasília: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN / Embrapa Uva e Vinho, 2011. 110 p.

RIBEIRO, J.R.; DIGGLE, P. J. **A package for geostatistical analysis**. R-NEWS, Vol 1, N. 2. 2001. ISSN 1609-3631. Disponível em <<http://cran.r-project.org/doc/Rnews>>. Acesso em: 27 Jun 2019.

ROLAS 2016. **Manual de Calagem e Adubação Para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, Comissão de química e fertilidade do solo. Edição 2016.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R. & SPAROVEK, G. **Variabilidade espacial de atributos de solo e de Crotalaria juncea- L em área severamente erodida**. R. Bras. Ci. Solo, 1998, p.115-122.

SANTI, A. L. **Aprimoramento do manejo do solo utilizando as ferramentas da agricultura de precisão**. 2007. Tese de doutorado, 210 p tese (doutorado em ciência do solo) - Programa Pós graduação em ciência do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SEBEM, E. **Aportaciones de la teledetección em el desarrollo de um sistema metodológico para la evaluación de los efectos del cambio climático sobre la producción de las explotaciones agrárias**. 2005. 381p. tese (Doutorado em Agronomia). Universidad politécnica de Madrid, Madrid, 2005.

TONELLO, M. S.; BORTOLUZZI, E. C. **Viabilidade técnica do uso de receptores GPS de navegação para fins de amostragem sistemática de solo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 351-357, 2011.

VIANA, J. H. M. **Distribuição espacial de atributos físico-químicos mineralógicos e micro morfológicos de latos solos, visando o mapeamento das áreas produtivas**. Tese de doutorado - Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. 194p.

WAMPLE, R. L.; MILLS, L.; DAVENPORT, J. R. **Use of precision farming practices in grape production**. In: International Conference on Precision Agriculture, 4. 1998, Saint Paul, Estados Unidos. Minneapolis: University of Minnesota, 1999. p. 897-905.

ZARDO, K. **Vitivinicultura De Precisão Aplicada A Produção e Qualidade De Uva Pinot Noir no Rio Grande Do Sul**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

# AUTOMAÇÃO DA FRUTICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL: UMA REVISÃO

## *Automation of Precision Fruit culture in Brazil: A review*

**Modalidade:** Descrição de Caso Técnico

Deoclides de Oliveira Neto<sup>1</sup>, Marco Ivan Rodrigues Sampaio<sup>1,2</sup>, Raphael Borgias Vareiro<sup>1</sup>, João Fernando Zamberlan<sup>2</sup>, Luciano Gebler<sup>1,3</sup>, Lucio de Paula Amaral<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima – nº 1000, Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [deoclidessoliveiraneto@gmail.com](mailto:deoclidessoliveiraneto@gmail.com), [marcosampaio@politecnico.ufsm.br](mailto:marcosampaio@politecnico.ufsm.br), [rborgias@gmail.com](mailto:rborgias@gmail.com), [amaralufsm@gmail.com](mailto:amaralufsm@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade de Cruz Alta, Rodovia Jacob Della Múa Km, 5,6 Brasil, [jfzamberlan@unicruz.edu.br](mailto:jfzamberlan@unicruz.edu.br)

<sup>3</sup> Embrapa Uva e Vinho, BR 285 Km 115 –Vacaria -RS, Brasil, [luciano.gebler@embrapa.br](mailto:luciano.gebler@embrapa.br)

## RESUMO

Dentre as diversas atividades que compõem a agricultura, a fruticultura se destaca pelo papel importante alimentar, social e econômico. Além de sua importância alimentar, a produção de frutas é atividade exigente em tratamentos culturais e, portanto, forte empregadora de mão-de-obra. Este trabalho objetivou fazer um breve histórico de desenvolvimento da automação na Fruticultura de Precisão no Brasil, sua situação atual, perspectivas, vantagens e dificuldades. Para tanto utilizou-se de uma pesquisa bibliográfica em diferentes bases de dados. A fruticultura, por suas características, é uma atividade que deve ser incentivada, visando elevar sua importância no cenário agrícola nacional, bem como garantir sua inserção no mercado externo. A Agricultura de Precisão (AP) se mostra uma importante ferramenta para monitoramento agrícola em frutíferas e programação racional de suas práticas de manejo, sendo que, atualmente, as pesquisas no Brasil têm tido uma grande evolução.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto. Agricultura Digital. Agricultura 4.0.

## ABSTRACT

Among the various activities that make up agriculture, fruit culture stands out for its important food, social and economic role. In addition to its food importance, fruit production is a demanding activity in cultural treatment and, therefore, a strong employer of labor. This paper aims to make a brief history of the development of Precision Fruit Farming in Brazil, its current situation, perspectives, advantages and difficulties. For this, we used a bibliographic search in different databases. Fruit farming, due to its characteristics, is an activity that should be encouraged, aiming to increase its importance in the national agricultural scenario, as well as to ensure its insertion in the foreign market. Precision Agriculture (PA) is an important tool for fruit monitoring and rational programming of their management practices. Currently, research in Brazil has evolved greatly.

**Keywords:** Remote sensing. Digital Agriculture. Agriculture 4.0.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção de 40 milhões de toneladas ao ano, mas participa com apenas 2% do comércio do setor no mundo, o que

demonstra o forte consumo interno (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2010).

Na distribuição da produção de frutas, a participação do mercado interno é superior à do mercado externo na destinação das frutas consumidas, tanto in natura quanto processadas, com exceção da produção de laranja, exportada principalmente na forma de suco concentrado para os EUA.

Para aumentar a competitividade das frutas brasileiras no mercado internacional são especialmente importantes condições como capacidade de produção e sistemas logísticos adequados de destinação do produto, para a máxima conservação, como destacado por Lacerda, Lacerda e Assis (2004). Nesse sentido, ressaltam os autores, a conquista de novos mercados implica a existência de estruturas que tenham eficiência operacional, que possibilitem a manutenção da regularidade e a busca pela qualidade de produtos com características compatíveis com a demanda e preferências dos consumidores. Sendo assim, para obter o sucesso no mercado externo, há necessidade de trabalhar mecanismos na seleção uniformizada de frutos pelo tamanho, pela cor e pelos tratamentos de pós-colheita de acordo com as regras sanitárias. Nogueira (2011) aponta algumas vantagens e dificuldades no desenvolvimento da fruticultura brasileira. Como vantagens, o autor destaca a disponibilidade de mão-de-obra, a demanda dos países do Hemisfério Norte no período da entressafra, principalmente em frutas de origem tropical, e, por fim, a maior integração na cadeia agroindustrial. Como dificuldades, o referido autor salienta a falta de registro de agrotóxicos, a ineficiência de controle fitossanitário, a falta de adequações técnicas de parte dos produtores para a melhoria da qualidade dos frutos e alta carga tributária, concebida como grande empecilho para a exportação.

Segundo o Plano nacional de Desenvolvimento da Fruticultura, lançado em fevereiro de 2018, um dos meios para alavancar o setor da fruticultura é o uso da ferramenta de Agricultura de Precisão. A gestão de sítios específicos nas unidades produtivas é uma abordagem recente, oriunda do conceito de Agricultura de Precisão (AP). Segundo Queiroz et al. (2000), o objetivo da AP consiste em aplicar técnicas de manejo em pequenas áreas, dentro do campo de produção, visando reduzir o uso de produtos químicos e aumentar a produtividade. Neste sentido, a AP pode ser definida como um conjunto de métodos, técnicas e tecnologias aplicados ao gerenciamento de pequenas unidades espaciais de produção. Seus principais objetivos são otimizar a utilização de insumos e minimizar os prováveis impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana, bem como em minimizar a heterogeneidade das áreas de cultivo. Trabalhos com mapeamento de produção, que é um dos pontos de partida para AP, vêm sendo utilizados em colheita mecanizada de café (LEAL, 2002) e colheita de laranja (BALASTREIRE et al., 1999; FARIAS et al., 2003), aliando técnicas e instrumentos de AP nos sítios produtivos. Aprofundar estudos sobre a aplicação de técnicas de Agricultura de precisão na fruticultura é uma necessidade evidente, na medida em que, no Brasil, há uma carência de estudos visando a aplicar conceitos de AP nesta cultura.

Portanto, este trabalho objetivou realizar um breve histórico de desenvolvimento da Automação na Fruticultura de Precisão no Brasil, sua situação atual, perspectivas, vantagens e dificuldades.

## **2 DESCRIÇÃO DA REVISÃO**

A referida pesquisa se classifica quanto aos fins como exploratória, que segundo Gil (2010) caracteriza-se por ser um estudo que tem como finalidade buscar subsídios informacionais a respeito de temas ainda pouco conhecidos, visto que a agricultura de precisão no Brasil ainda é

estudada a pouco tempo. Quanto aos meios, a pesquisa é classificada como bibliográfica com abordagem qualitativa, onde utiliza-se de periódicos, livros, teses e demais materiais de literatura para aquisição de dados para análise (GIL, 2010; MARCONI e LAKATOS 2011).

Foram utilizadas para tal as seguintes bases de dados: Scopus, Web of Science, Scielo, Scholar Google, e Repositórios Alice e Infoteca-e da Embrapa, com o intuito de buscar dados secundários para construção das análises dos resultados, discussões à cerca da fruticultura de precisão no Brasil. Posteriormente a fim de analisar as publicações e talvez dar um direcionamento nas pesquisas realizou-se um estudo bibliométrico, identificando as áreas de pesquisa dentro da agricultura de precisão mais estudadas e outras áreas que ainda carecem de um maior número de estudos e geração de conhecimento.

Este tipo de pesquisa faz um levantamento dos assuntos objeto de investigação, bem como dos países, universidades, instituições e pesquisadores da área por meio de uma triangulação de palavras chave utilizadas na base de dados para a busca.

## 2.1 AUTOMAÇÃO ANTES DA FRUTICULTURA DE PRECISÃO

Considerando-se a aplicação de máquinas tratoras (autopropelidas) de equipamentos agrícolas e equipamentos automatizados para a execução de serviços na área da fruticultura no mundo, é possível situar as primeiras ações em atividades de campo nos anos 40-50, nos primórdios da história da mecanização agrícola, vinculado ao preparo de solo e ao transporte de carga nos pomares. Nos anos 60 iniciam-se as pesquisas e busca de equipamentos para mecanização da colheita massiva de frutas (BOOSTER et al. 1970a; BOOSTER et al., 1970b; PETERSON et al., 1994), processo muito impactante no sistema produtivo, devido à demanda que a mão de obra representa sobre o custo final.

No Brasil houve demora vinculada à chegada dessas máquinas no país, relacionando a automação com as lavouras de café em São Paulo, ainda nos anos 50 e 60 e, mais recentemente, no final do século XX, nas plataformas de colheita na citricultura. Desde então, a automação na fruticultura evoluiu rapidamente, passando da fase de automação mecânica simples para a instrumentação dos processos de monitoramento e na agricultura de precisão, chegando aos dias atuais no desenvolvimento de veículos autônomos, prestes a entrarem no mercado.

## 2.2 A EVOLUÇÃO DA FRUTICULTURA DE PRECISÃO

Comparado à automação agrícola em grãos, àquela voltada à fruticultura é bastante recente e só ganhou força a partir do final dos anos 90, com a introdução da agricultura de precisão na viticultura e outras culturas (ARNÓ et al., 2009; GEMTOS et al., 2013; ZUDE-SASSE et al., 2016).

Diferente da cultura de grãos e fibras, intensamente mecanizada, a fruticultura é altamente exigente no uso de mão de obra (BERLAGE et al., 1982; PETERSON et al., 1994; ZUDE-SASSE et al., 2016), apresentando uma série de restrições ao amplo uso de mecanização, tais como: a) atividades de manejo de solo (escarificação, aração e gradagem) após a implantação do pomar; b) controle mecânico de plantas daninhas na fileira de plantio das árvores; c) manejo intensivo da parte vegetativa das plantas com podas e raleio; d) controle fitossanitário em 3 dimensões; e) colheita dos frutos com foco na manutenção da qualidade, quando direcionada ao mercado consumidor direto.

Essas restrições acabaram por gerar demandas específicas cujas soluções, em sua maior parte, ainda se encontram em fase experimental. Algumas das soluções que já permitem utilização pelo usuário final são aquelas vinculadas ao mapeamento do solo através da condutividade elétrica, monitoramento de fertilidade e irrigação, poda e raleio mecânico em alguns sistemas de produção, controle fitossanitário com controle de fluxo, plataformas mecânicas para apoio à colheita e os mapas de colheita em frutas para processamento (WHITNEY et al., 2000; ARNÓ et al., 2009; TÜKER et al., 2011; NEILSEN et al., 2010; AGGELOPOULOU et al., 2013).

O advento do GPS na agricultura de precisão permitiu que os dados coletados no campo passassem a serem organizados de maneira lógica e ordenada, com um ponto de mensuração definido pelas coordenadas geográficas. A partir dessa opção, foi possível não só a avaliação da variabilidade espacial, como também a variabilidade temporal, pela repetição do monitoramento no mesmo ponto, safra após safra. Assim, a fruticultura, que é uma cultura perene, tornou-se uma das principais candidatas para esse tipo de aplicação, favorecendo o manejo de sua área física ao longo do tempo com o acúmulo, manipulação e interpretação das informações no tempo e no espaço (HALL et al., 2002), transformando-se, nesse contexto, em fruticultura de precisão

Para algumas espécies perenes, como a maçã, a variabilidade temporal pode ser mais impactante para a produção do que a espacial, diferente das culturas de grãos e fibras (AGGELOPOULOU et al., 2010; MANFRINI et al., 2015). A macieira depende de processos fisiológicos bianuais, ou seja, o processo de diferenciação de gemas para frutificação se inicia em uma safra e se completa somente na safra seguinte, gerando a fruta.

Portanto, ações de manejo de solo e planta, entraves climáticos (granizo, geada, seca, etc.), eficiência do controle fitossanitário, afetam não somente a produção de frutos do ano, mas também a produção de gemas floríferas e de frutos do ano seguinte. Dessa forma, somente é possível relacionar fatores como produtividade e qualidade a partir de uma série histórica de dados, aumentando a dificuldade de correlação entre as variáveis analisadas.

Em parte, isso foi compensado pela evolução na eletrônica, que permitiu o avanço de sistemas de coleta, monitoramento, armazenamento, tratamento de dados e geração de informações. Assim, a evolução dos sensores é apontada como forte contribuinte para a recente evolução acentuada da pesquisa e desenvolvimento da fruticultura de precisão no mundo (FERNANDEZ et al., 2014).

O sensoriamento disponível nos primórdios da AP era baseado nos satélites com baixa resolução, cobrindo grandes áreas por pixel, perdendo o detalhamento da imagem. Uma vez que a fruticultura é uma atividade de alta densidade econômica, o monitoramento para manejo deveria ser feito planta a planta, o que tornava esse sistema inadequado. Havia a opção de monitoramento por sensoriamento aéreo, mas considerado de alto custo (DOBROWSKI et al., 2003). Nessa época, praticamente inexistia o sensoriamento proximal, quando muito baseados na coleta manual de dados local (*data logger* ou leitura direta), mas também com alto custo de mão de obra (HALL et al., 2002).

Com a evolução dos sensores embarcados em satélites e aeronaves, e sua posterior redução de tamanho e carga, permitiu-se a obtenção de imagens de melhor qualidade, precisão, custo cada vez mais baixo e maior aplicabilidade, ainda mais com o advento dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), votado ao monitoramento aéreo de baixa altitude (OERKE et al., 2011; JORGE et al., 2014).

Assim, o processo de monitoramento remoto se torna tecnicamente possível para a propriedade rural, contando ainda com a evolução da capacidade de processamento em computadores cada vez mais potentes e rápidos, associados a softwares de modelagem



matemática mais ajustada, com maior capacidade de interpretação de dados para fornecimento de informações ao usuário. Além disso, a evolução dos sensores proximais acontece paralelamente, com a redução do custo dos sensores individuais no solo e na planta e o aumento da capacidade de transmissão de dados em tempo real, substituindo-se a coleta manual primeiro por redes baseadas em fio e, posteriormente, para redes de comunicação sem fio (LAMB et al., 2004; LIU et al., 2009). Mesmo essas passaram a serem testadas também como sensores de vegetação ou de produção, e não mais simples transmissores (GUO et al., 2015).

Assim, hoje é possível ao usuário, lançar mão da coleta de informações remotas, em equipamentos instalados no espaço sideral, na atmosfera, junto à planta ou no solo, permitindo ao usuário a melhor tomada de decisão com base em informações em tempo real, atingindo o objetivo principal da agricultura de precisão, que é gerar e disponibilizar a informação para a melhor tomada de decisão por parte do usuário. Isso permite ainda a evolução para sistemas autônomos a serem utilizados no pomar, sendo testados focando-se as áreas de coleta de dados e monitoramento ou para apoio à colheita (ZAMAN et al., 2010; FERNANDEZ et al., 2014).

### 2.3 TENDÊNCIAS E DEMANDAS MUNDIAIS

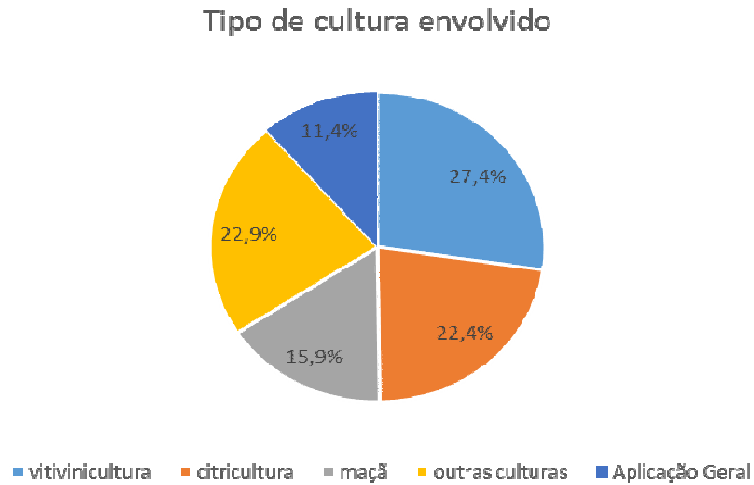
Em uma busca expedita na base de dados *Web of Science*, focando os assuntos de automação na fruticultura, fruticultura de precisão, agricultura de precisão em fruticultura, obteve-se um total de 201 artigos disponíveis, sendo 7 de trabalhos no Brasil e 194 em outras partes do mundo. Observou-se uma concentração desses assuntos em poucas culturas, sendo 27,4% das citações referiam-se a vitivinicultura, 22, 4% sobre citricultura, 15,9% sobre maçã. Outros 22,9% discorriam sobre outras culturas (oliveira, pistache, amêndoas, abacate, mirtilo, óleo de palma, pêssego, café, banana, lichia e tâmara) e, ainda 11,4% foram relacionados a assuntos comuns a fruticultura de precisão (modelagem matemática, sensores, metodologia de mapeamento, estatística), conforme apresentado na Figura 1.

Foram contabilizados 246 assuntos de interesse, pois muitos dos artigos focavam mais de um tema para a cultura, sendo apresentados na Figura 2.

Notou-se haver a concentração maior dos assuntos no tema envolvendo sensoriamento, pois muitas das soluções iniciavam pela identificação do pomar ou das plantas e o ambiente, e como determinar o alvo a ser avaliado. Notou-se uma evolução temporal, sendo que os mais recentes se concentravam na área de robótica, metadados/bigdata e no manejo automatizado das culturas.

Constatou-se que as áreas com maior desenvolvimento e geração de papers em fruticultura de precisão são os assuntos relacionados ao sensoriamento remoto e posteriormente a identificação de zonas de manejo em pomares, variabilidade de solos e adubação. Ainda é um tanto incipiente as áreas de modelagem climática, matemática e de produção, bem como metadados e big-data. Sendo estas possibilidades bastante interessantes para fins de pesquisa na área.

Figura 1 – Objeto de estudo dos artigos analisados.



Fonte: Web of Science

Figura 2 – Assuntos coletados na análise da base de dados *Web Of Science*.



Fonte: web of Science

## 2.4 TENDÊNCIAS E DEMANDAS BRASILEIRAS

Os primeiros trabalhos publicados em periódicos sobre a fruticultura de precisão no Brasil são ainda mais recentes, a partir da década de 2000 (FARIAS et al., 2003) BIFFI & RAFAELLI NETO, 2008; OLIVEIRA et al., 2009; TORRE NETO et al., 2009) focando o mapeamento da produção, características agrônômicas e a variabilidade espacial de características de solo em pomares de citros e maçã (LEÃO et al., 2011; GEBLER et al., 2015). A partir desses primeiros estudos, houve a aceleração das pesquisas a fim de se equiparar ao cenário mundial.

Atualmente pode-se afirmar que o atual estado da arte na fruticultura de precisão nacional é equivalente aos estágios mundiais em diversas áreas. Desde equipamentos e metodologias em uso pelo público, como sensoriamento de características de solo, mecanização geral de pomares, uso de VANTs no mapeamento da variabilidade ambiental, previsão de doenças; ou em áreas onde faltam avanços que permitam imediata aplicação pelo usuário, como mapas de produção e qualidade dos frutos (previsão), monitoramento de pragas e doenças, manejo da parte vegetativa do pomar e manejo mecanizado da colheita; até, por fim, áreas da fruticultura de precisão em fases iniciais de pesquisa, como sensoriamento proximal de pomares, veículos autônomos para monitoramento ou substituição da mão de obra humana (MOLIN et al., 2012; JORGE et al., 2014; SILVA et al., 2014).

## 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações geradas pela aplicação das técnicas de AP na fruticultura, assim como na agricultura em geral, têm seu valor no quanto podem auxiliar a tomada de decisão dos produtores e técnicos envolvidos no sistema de produção agrícola. No entanto, os benefícios obtidos resultantes de sua prática devem ser maiores que os custos envolvidos quando da sua utilização. Deve-se, portanto, buscar métodos de fácil operacionalização e baixo custo. A busca de novas técnicas e tecnologias deve levar em consideração o custo-benefício em serem aplicadas pelo produtor. Espera-se, com o advento do Plano Nacional de Desenvolvimento na Fruticultura possibilite vislumbrar, em um momento próximo, um cenário que os produtores se sintam estimulados a aderirem às ferramentas da Agricultura de Precisão. O Brasil nos últimos anos evoluiu muito em pesquisas na área já estando no mesmo patamar de outros países que há mais tempo tem a fruticultura de precisão como objeto de seus estudos.

## REFERÊNCIAS

AGGELOPOULOU, K. D. et al. Spatial variation in yield and quality in a small apple orchard. **Precision Agriculture**, v. 11, n. 5, p. 538-556, 2010.

AGGELOPOULOU, K. D. et al. Delineation of management zones in an apple orchard in Greece using a multivariate approach. **Computer and Electronics in Agriculture**, v. 90, p. 119-130, Jan 2013.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2010. 129 p.

ARNÓ, J. A. et al. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.7, n.4, p. 779-790, 2009.

BALASTREIRE, L. A. et al. **Agricultura de precisão: Sensoriamento remoto, índices de vegetação e Agricultura de precisão.** 1999. Disponível em: <<https://www.austertecnologia.com/single-post/2017/05/27/Sensoriamento-Remoto-%C3%8Dndices-de-Vegeta%C3%A7%C3%A3o-e-Agricultura-de-Precis%C3%A3o>>. Acesso em: 20 de Abril. 2019.

BERLAGE, A. G. Mechanical Apple harvester with sorting capability. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 25, p. 912-918, 1982.

BIFFI, L. J.; RAFAELLI NETO, S. L. Comportamento espacial de variáveis agronômicas da maçã 'fuji' durante dois anos de observações no planalto serrano de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 975-980, 2008.

BOOSTER, D. E. et al. Progress in the mechanization of strawberry harvesting. **Ore. Agr. Expt. Sta. Spec. Rpt.**, 305. 1970a.

BOOSTER, D.E. et al. Mechanical harvesting and handling of strawberries for processing. **American Society of Agricultural Engineers**, p. 70-670, 1970b.

DOBROWSKI, S. Z. et al. Grapevine dormant pruning weight prediction using remotely sensed data. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 9, p. 177-182, 2003.

FARIAS, P. R. S. et al. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 235-241, Dec. 2003.

FERNANDEZ, R. et al. Multisensory system for fruit harvesting robots. Experimental testing in natural scenarios and with different kinds of crops. **Sensors**, v. 14, p. 23885-23904, 2014.

GEBLER, L. et al. Spatial influence of physical and chemical parameters on management zone definition in apple orchards. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 1160-1171, 2015.

GEMTOS, T. et al. Precision Agriculture Application in Fruit Crops: Experience in Handpicked Fruits. **Procedia Technology**, v. 8, p. 324-332, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Ed. Atlas, 2010.

GUO, X. et al. A model with leaf area index and apple size parameters for 2.4 GHz radio propagation in apple orchards. **Precision Agriculture**, v. 16, p. 180-200, 2015.

HALL, A. et al. Optical remote sensing applications in viticulture-a review. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 8, p. 36-47, 2002.

- JORGE, L. A. C. et al. Insights and recommendations of use of UAV platforms in precision agriculture in Brazil. In: REMOTE SENSING FOR AGRICULTURE, ECOSYSTEMS, AND HYDROLOGY, 16., 2014, Amsterdam. **Procedures...** Amsterdam, Hetherlands: SPIE 9239, p. 923911,21 Oct. 2014.
- LACERDA, M. A. D. de, LACERDA, R. D, ASSIS, P. C. de O de. A participação da fruticultura no agronegócio brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. UEPB, 4 (1): 9 p. 2004.
- LAMB, D. W. et al. Precision viticulture na Australian perspective. **Acta Horticultural**, v. 640, p. 15-25, 2004.
- LEÃO, M. G. A. et al. Terrain forms and spatial variability of soil properties in an area cultivated with citrus. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, 2011.
- LEAL, J.C.G. **Mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- LIU, Y. et al. Towards Continuous Surveillance of Fruit Flies Using Sensor Networks and Machine Vision. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS, NETWORKING AND MOBILE COMPUTING, 5., 2009, Beijing, China. **Proceedings...** Beijing, China: WiCOM, p. 4705-4709, 2009.
- MANFRINI, L. et al. Monitoring Strategies for Precise Production of High Quality Fruit and Yield in Apple in Emilia-Romagna. **Chemical Engineering Transactions**, v. 44, p. 301-307, May 2015.
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. V.. **Metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2011.
- MOLIN, J. P. et al. Yield mapping, soil fertility and tree gaps in an orange orchard. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1256-1265, Dec. 2012.
- NEILSEN, G. H. et al. Tomorrow's Challenges in Fruit Nutrition Research: Quo Vadis? **Acta Horticulturae**, v. 868, p. 27-39, 2010.
- NOGUEIRA, J. G. A. **Proposta de Plano Estratégico para a Fruticultura Brasileira ampliar a Participação no Mercado Internacional**. 2011. Dissertação (Mestrado em Administração) Ribeirão Preto. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. 165 p. (2011).
- QUEIROZ, E. D. **Transformações na Agricultura em Nova Iguaçu (RJ)**. In: Anais do Simpósio Internacional de Geografia Agrária - Simpósio Nacional de Geografia Agrária, 5, 2009, Niterói-RJ. Instituto de Geociências/UFF. 8 p. (2009).
- OERKE, E. C. et al. Thermographic assessment of scab disease on apple leaves. **Precision Agriculture**. v. 12, p. 699-715, 2011.

OLIVEIRA, P. C. G. et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 708-715, 2009.

PETERSON, D. L. et al. Journal of American Society for Horticultural Science, v. 119, p. 1114-1120, 1994.

SILVA, S. A. et al. Coffee quality and its relationship with Brix degree and colorimetric information of coffee cherries. **Precision Agriculture**, v. 15, p. 443-554, 2014.

TORRE NETO, A. et al. Instrumented Citrus Production. **Acta Horticultural**, v. 824, p. 101-112, 2009.

TÜKER, U. et al. Determination of the relationship between apparent soil electrical conductivity with pomological properties and yield in different apple varieties. **Zemdirbystė Agriculture**, v. 98, n. 3, p. 307-314, 2011.

ZAMAN, Q. U. et al. Automated, low-cost yield mapping of wild blueberry fruit. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, p. 225-232, 2010.

ZUDE-SASSE, M. et al. Applications of precision agriculture in horticultural crops. **European Journal of Horticultural Science**, v. 81, n. 2, p. 78-90, [online] 2016.

WHITNEY, J. D. A citrus harvesting labor tracking and yield mapping system. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 17, p. 121-125, 2000.

## QUANTIFICAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE TRICHODERMA EM ANTAGONISMO COM FUSARIUM, UTILIZANDO APLICATIVO DE SENSORIAMENTO REMOTO

### *Quantification of petri antagonism between trichoderma and phytopathogenic fungus using the canopeo application*

Matheus Maciel<sup>1</sup>, Elias Abel Barboza<sup>1</sup>, Leonita Beatriz Girardi<sup>1</sup>, Geverson Ferraz<sup>1</sup>, Ítalo Girardi  
Ferreira<sup>1</sup>, Karina Welker<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> IDEAU - Instituto de Desenvolvimento do Alto Uruguai, Av. Rui Barbosa, 103 - Petrópolis, CEP: 99050-120,  
Passo Fundo - RS, Brasil, [matheusmaciel1988@gmail.com](mailto:matheusmaciel1988@gmail.com), [eliasbarboza@ideau.com.br](mailto:eliasbarboza@ideau.com.br),  
[ibgirardi@hotmail.com](mailto:ibgirardi@hotmail.com), [geversonferraz@hotmail.com](mailto:geversonferraz@hotmail.com), [italogf@icloud.com](mailto:italogf@icloud.com), [karinawelker@gmail.com](mailto:karinawelker@gmail.com)

### RESUMO

A busca por ferramentas eficientes e rápidas na agricultura está pautando um novo mundo agrícola. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do aplicativo Canopeo® em estimar o antagonismo do fungo *Trichoderma* (biocontrole), sobre o fungo patogênico *Fusarium*. O trabalho foi conduzido em placas de petri onde foram colocadas cepas dos dois fungos em confronto direto, após vinte dias as placas foram fotografadas e as fotos inseridas no aplicativo que possibilitou a quantificação das percentagens de severidade do *Trichoderma* sobre o *Fusarium*. Concluímos que o aplicativo Canopeo® v. 2.0 é adequado para determinar a porcentagem de desenvolvimento de *T. harzianum* e *T. asperellum* em competição com *Fusarium solani*. O fato de que os esporos de *Trichoderma* serem verdes fez com que o aplicativo conseguisse ler de maneira eficiente o desenvolvimento do fungo nas placas de petri.

**Palavras-chave:** Agricultura digital. Controle biológico. Laboratório.

### ABSTRACT

The search for efficient and fast tools in agriculture is driving a new agricultural world. The objective of the present study was to evaluate the efficiency of the Canopeo © application to estimate the antagonism of the fungus *Trichoderma* (biocontrol) on the pathogenic fungus *Fusarium*. The work was conducted in petri dishes where strains of the two fungi were placed in direct confrontation, after twenty days the plates were photographed and the photos inserted in the application that made the severity percentages of *Trichoderma* over *Fusarium*. We conclude that the Canopeo © v app. 2.0 is efficient for determining the percentage of competition between *T. harzianum* and *T. asperellum*. In relation to *Fusarium*. The fact that *Trichoderma*'s spores are green made the application able to efficiently read the petri dishes. There is a need for further study with this fungal application.

**Keywords:** Digital agriculture. Biological control. Direct confrontation.

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo e globalizado remete a todos a busca por uma economia mais sustentável e mais justa, onde a bioeconomia ganha força e visibilidade porque a sustentabilidade entrou definitivamente como uma das prioridades da sociedade (MASSRUHÁ E LEITE, 2016). Ainda os autores citados esclarecem que a agricultura mundial se encontra sob forte pressão para garantir a segurança alimentar e fornecer energia limpa de forma sustentável.

Nesse contexto a agricultura de precisão vem a contribuir com aspectos envolvendo a

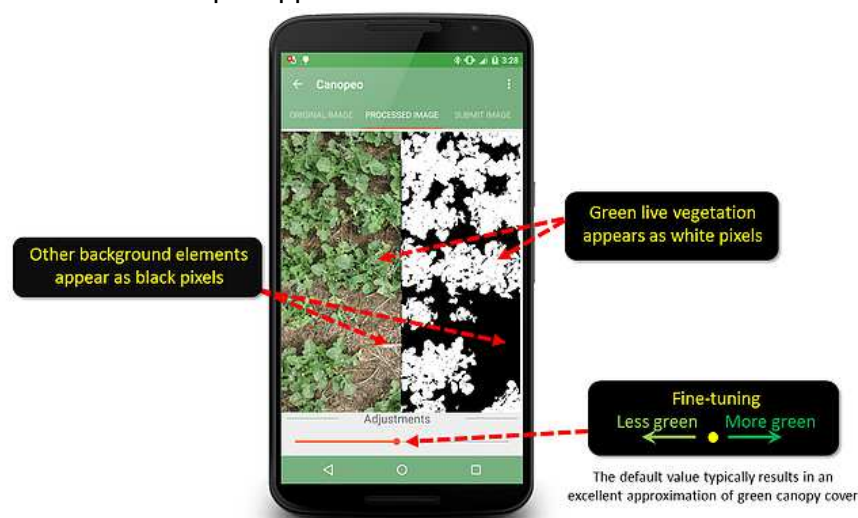
sustentabilidade de uma nova agricultura, pois envolve parâmetros para diminuir custos e aumentar a produtividade. O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento esclarece que a agricultura de precisão tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre o mesmo, que é utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. E para cumprir tal objetivo, são utilizadas práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes instrumentos como o uso de ferramentas de sensoriamento remoto.

Segundo De Oliveira (2016), em meio a grande variedade de tecnologias e serviços disponíveis no mercado da agricultura de precisão, pode-se considerar que o processo de adoção adequado envolve a identificação de ferramentas eficientes e ajustadas a cada sistema de produção é de extrema importância.

Diante do exposto surgem com vigor os aplicativos, com potencial pela praticidade, versatilidade e rapidez em analisar diferenças em imagens e com isso agregar valor e benefícios em todas as áreas, inclusive no agronegócio. Romani (2019) em sua reportagem ao canal Agrishow digital, relata que este tipo de informação beneficia o agricultor e permite uma tomada de decisão mais acertada, diminuindo as perdas e, conseqüentemente, aumentando sua lucratividade. Hoje em dia há a possibilidade de uso destas aplicações em qualquer local por meio de smartphones, possibilitando o acesso a informações valiosas e modelos que o auxiliam na tão difícil tomada de decisão no campo.

Dentre os aplicativos utilizados na agricultura está o Canopeo, o aplicativo que foi concebido com o propósito de mensurar com precisão a porcentagem do dossel vegetativo da cobertura vegetal de pastagens, e pode ser utilizado em sensoriamento remoto e análise de imagens locais tendo como base, estudos conduzidos na universidade de Oklahoma nos Estados Unidos. O mesmo quantifica diferenças entre pontos com base na leitura das variações de imagens (Figura 1).

Figura 1 – Imagem de uma tela do aplicativo Canopeo, em um smartphones, comparando a imagem de um dossel. Fonte: canopeoapp



França et al. (2018), em seu trabalho que objetivou avaliar a eficiência do aplicativo Canopeo em estimar a supressão imposta pela presença da mucuna-preta em cultivares de amendoim, com intuito de quantificar de forma fracionada a porcentagem de biomassa das



plantas, os autores relatam que a operação do aplicativo é baseada em colorimetria, oferecendo resultados reais precisos e com menor tempo. É útil no monitoramento do crescimento das culturas, quantificação do efeito de fatores ambientais como granizo, neve, estresse hídrico, recomendações de fertilizantes e estimativa da interceptação de luz.

Segundo Carrilo O. (2017), Canopeo, é uma ferramenta de medição rápida da cobertura verde do dossel, ou folhagem das árvores, e facilita o reflorestamento dos solos, sugerindo a porcentagem de cobertura vegetal viva verde para suas culturas e pastagens, o que ajuda a monitorar o progresso da cultura e tomar decisões de gestão informadas.

O aplicativo Canopeo é usado para determinar a quantidade de cobertura do dossel para a vegetação viva de qualquer cultura. Isso é feito quando o usuário do aplicativo tira uma fotografia voltada para baixo da vegetação. O aplicativo ajudará no acompanhamento do progresso das plantas, o que pode levar a uma melhor tomada de decisão. Também pode determinar quanta destruição de culturas ocorreu devido a condições climáticas desfavoráveis. Cada imagem é marcada e rotulada para que você saiba exatamente quando e onde a imagem foi capturada. Este aplicativo é gratuito para download e está disponível para sistemas operacionais Android e IOS.

O uso do aplicativo na agricultura vem crescendo com o tempo, à medida que seu uso se difunde e a ciência pesquisa e desenvolve novas ofertas de serviços. Justifica-se assim trabalhos de pesquisa como o presente, em que se busca ampliar o uso de aplicativos e com isso auxiliar na tomada de decisões e na melhor estratégia nas mais variadas situações.

O Canopeo embora já tenha usado em vários trabalhos na agricultura, não foi encontrado na literatura trabalhos com o objetivo igual ao presente. O aplicativo tem como base, estudos conduzidos na universidade de Oklahoma nos Estados Unidos. Esta ferramenta, chamada Canopeo, foi desenvolvida usando o Matlab e é baseada em razões de cor de vermelho para verde (R / G) e azul para verde (B / G) e um índice verde em excesso (2G– R-B). A saída desta ferramenta foi comparada com a de dois soft ware packages amplamente utilizados para analisar FGCC, SamplePoint e Sig (PATRIGNANI E OCHSNER, 2015).

De acordo com Isaiai et al. (2014), os fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma* estão entre os mais estudados e utilizados como agentes de biocontrole de doenças vegetais em todo o mundo. Os mesmos autores ainda relatam que a atividade de biocontrole pode ocorrer indiretamente, competindo por espaço e nutrientes, modificando as condições ambientais, produzindo antibióticos, inativando as enzimas do patógeno ou, diretamente, mediante o micoparasitismo, que envolve eventos sequenciais complexos, incluindo reconhecimento, penetração e subsequente morte do hospedeiro.

A identificação da evolução do confronto nos experimentos feitos em laboratório é fundamental para identificar qual biocontrole está sendo mais eficiente.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do aplicativo Canopeo® em estimar o antagonismo do fungo *Trichoderma* (biocontrole), sobre o fungo patogênico *Fusarium*.

## 2 DESCRIÇÃO DE CASO TÉCNICO

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório da Faculdade IDEAU campus de Passo Fundo onde foi utilizado o fungo *Fusarium solani* incidente em lavoura da região do estudo e que é prejudicial à agricultura, e as cepas de *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma asperellum*, que são fungos utilizados para o controle e supressão de patógenos.

O estudo foi conduzido em placas de Petri com diâmetro de 9cm e altura de 1,5cm em

material acrílico, mantidos em local apropriado para crescimento das colônias dos fungos.

Após a incubação de discos da cultura dos antagonistas e do fitopatógeno em meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar), as fotos foram tiradas 20 dias após a incubação com uma câmera de 12mp, ajustado para a resolução máxima de qualidade e ótima incidência de luz para a foto expressar o máximo da realidade. As fotos foram tiradas em um suporte de 10cm de altura da placa de Petri para manter a altura e posição das fotos padronizadas.

Para avaliação do desenvolvimento de *Trichoderma* em porcentagem utilizou-se o aplicativo Canopeo© v 2.0, instalado em um smartphone, seguindo as recomendações dos desenvolvedores do software (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015). O referido aplicativo possui a capacidade de acessar a câmera do smartphone para estimar as regiões onde ocorre a coloração verde (cor dos esporos de *Trichoderma*), estimando os valores em porcentagem.

O experimento foi conduzido com 4 repetição cada, totalizando 8 amostras.

As fotos foram tiradas nas seguintes ordens:

4 Repetições de *Fusarium* com *Trichoderma harzianum*;

4 Repetições de *Fusarium* com *Trichoderma asperellum*;

Após determinação da porcentagem de severidade das cepas de *Trichoderma* sobre os patógenos, foi submetido a análise estatística com o programa SISVAR. as análises levam em consideração a comparação de eficiência entre os *Trichodermas* sobre os patógenos e avaliado qual *Trichoderma* teve maior eficiência no controle dos patógenos.

A Tabela 1 traz o resultado do desenvolvimento do patógeno *Fusarium* em relação ao biocontrole, onde observa-se que para o todas as repetições o biocontrole *Trichoderma harzianum*, teve as maiores porcentagens de controle quando comparado com os valores encontrados por *Trichoderma asperellum*. Isso demonstra que *T. harzianum* tem maior domínio sobre o patógeno. Tais resultados são confirmados na Tabela 2 que traz a análise estatística das porcentagens, ficando com 15,35% a diferença entre um biocontrole e outro.

Tabela 1 – Porcentagem de desenvolvimento de *Fusarium solani* nas repetições e relação ao confronto com o biocontrole *Trichoderma*.

Porcentagem de desenvolvimento de <i>Fusarium solani</i> .				
Biocontrole	T1	T2	T3	T4
<i>Trichoderma harzianum</i>	23,25	29,98	18,85	27,79
<i>Trichoderma asperellum</i>	13,27	8,16	7,45	9,57

Tais resultados são confirmados na Tabela 2 que traz a análise estatística das porcentagens, ficando com 15,35% a diferença entre um biocontrole e outro.

Tabela 2 – Teste de médias sobre o desenvolvimento do biocontrole de *Trichoderma* sobre *Fusarium solani*.

Biocontrole	Médias
<i>Trichoderma asperellum</i>	9.612500 a1*
<i>Trichoderma harzianum</i>	24.967500 a2
CV%	22,85

\*números diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de médias.

Carvalho et al. (2011), em seu trabalho que objetivou avaliar seis isolados de *Trichoderma harzianum* no controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, descrevem que três isolados de

*Trichoderma* invadiram totalmente a colônia do patógeno, sobre as quais produziram conídios, e que todos os demais isolados também revelaram bom potencial contra o patógeno testado. Os autores concluíram que os seis isolados de *T. harzianum* testados possuem potencial como antagonistas contra *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, e que tal potencial se deve a produção de metabólitos voláteis é um mecanismo de ação comum a todos esses isolados.

Razão essa que justifica os resultados encontrados no presente trabalho, pois acredita-se que o *T. harzianum* produza mais metabólitos inibidores dos fungos patógenos quando comparado ao *T. asperellum*.

Observa-se na Figura 2, que as manchas brancas são mais destacadas ou expressivas nas placas que continham *T. harzianum* (Figura 3) o que corresponde a maior domínio sobre o patógeno. O uso do aplicativo demonstrou eficiência, rapidez e confiabilidade nos resultados.

Figura 2 – Imagens produzidas pelo aplicativo Canopeo, primeira fileira *Trichoderma harzianum* e segunda fileira *Trichoderma asperellum* com suas respectivas porcentagens.

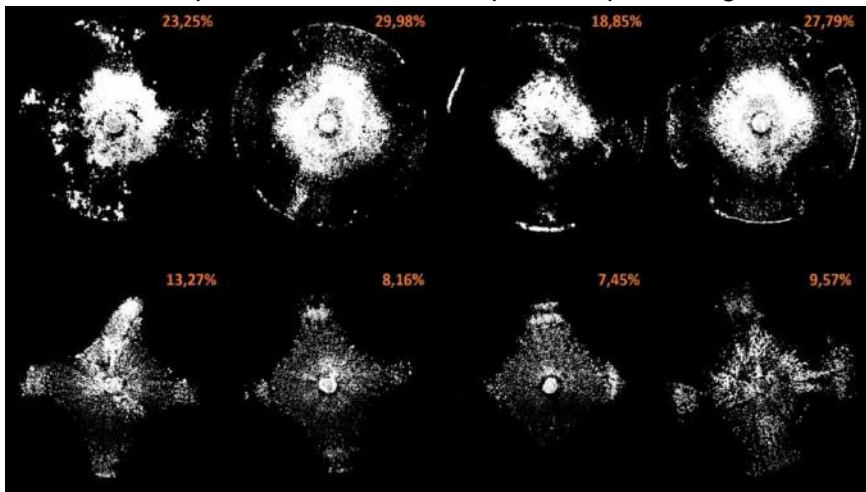
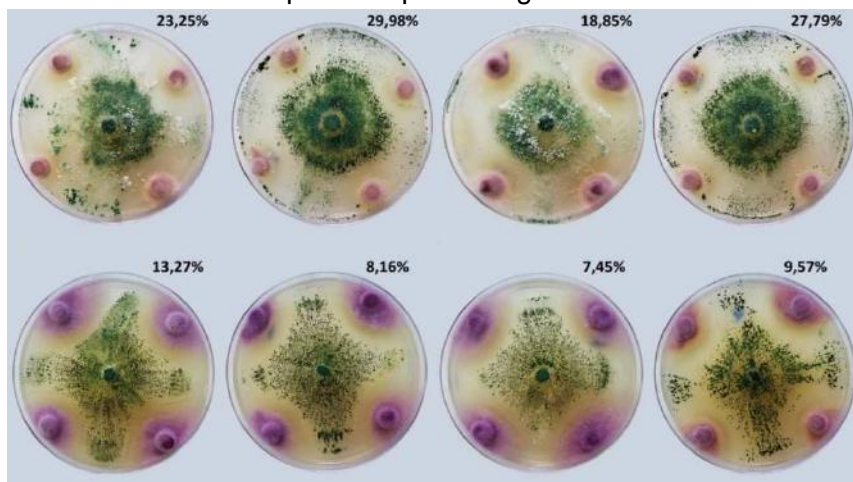


Figura 3 - Fotos das placas de Petri. Primeira fileira *Trichoderma harzianum* e segunda fileira *Trichoderma asperellum* com suas respectivas porcentagens.



Sua eficiência está de acordo com outros trabalhos encontrados na literatura como o trabalho de França et al. (2018) em seu trabalho onde avaliou a eficiência do aplicativo Canopeo® em estimar a supressão imposta pela presença da mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) em cultivares

de amendoim, com intuito de quantificar de forma fracionada a porcentagem de biomassa das plantas. Os autores relatam que esse aplicativo pode ser uma ferramenta promissora em áreas de produção de amendoim e concluíram que o aplicativo Canopeo© v. 2.0 é eficiente para determinar a supressão imposta pela mucuna-preta para as cultivares de amendoim testadas.

Outros trabalhos foram encontrados como Sengxua et al. (2018) utilizado no manejo integrado de plantas daninhas em arroz irrigado, Shepherd et al (2018), avaliou a cobertura de dossel de soja medida em comparação com a interceptação luz.

O Aplicativo Canopeo© que é utilizado em sensoriamento remoto se mostrou eficiente para quantificar a habilidade competitiva entre os fungos analisados.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo fato dos esporos de *Trichoderma spp.* serem verdes, o aplicativo Canopeo© v. 2.0 é adequado para determinar a porcentagem de desenvolvimento de *T. harzianum* e *T. asperellum* em competição com *Fusarium solani*. "de sensoriamento remoto, conseguiu fazer a leitura do espectro de luz nessa faixa de onda, muito semelhante à utilizada em sua concepção original.

Haja visto que, o aplicativo tenha sido concebido para utilidade diferente a qual foi aplicada nesse estudo, observa-se que pode fazer a leitura e determinar com precisão a porcentagem da severidade entre os *Trichodermas*.e o fungo patogênico *Fusarium solani*.

Concluímos que o aplicativo Canopeo© v. 2.0 é eficiente e poderá ser utilizado para determinar a porcentagem de competição entre *T. harzianum* e *T. asperellum* sobre o patógeno *Fusarium solani*.

É possível afirmar que o *T. harzianum* possui maior eficiência no controle e supressão de *F. solani* nas condições analisadas.

Mesmo este estudo apresentando resultados animadores, observa-se a necessidade de mais estudos com o aplicativo a fim de comprovar e/ou aprofundar os estudos para sua utilização na área de sensoriamento remoto com excelente expectativa no monitoramento de variações de dosséis.

### REFERÊNCIAS

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; SILVA, M. C. Controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* in vitro e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v.36, n.1, 2011.

CARRILLO O. **Tendências: Aplicativos para agricultura** 2017. Disponível em: <<https://www.blueberriesconsulting.com/pt/tendencias-apps-la-agricultura/>>. Acesso em: 20 ago. de 2019.

DE OLIVEIRA, R. P. Apoio à decisão na adoção da agricultura de precisão a Tecnologia da Informação em Apoio ao Conhecimento Agrônômico. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**. v. 02, n. 01. ISSN: 2448-0452.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A. Agricultura Digital. RECoDAF – **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**. Tupã, v. 2, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2016.

MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABATECIMENTO – MAPA. **Agricultura de Precisão**. Boletim técnico. Brasília, DF. 2009.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T. E. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. **Biometry, Modeling & statistics**. Published September 25, 2015.

SENGXUA, P.; JACKSON, T.; SIMALI, P.; VIAL, L. K.; DOUANGBOUPHA, K.; CLARKE, E.; HARNPICHITVITAYA, D.; WADE, L. J. Integrated nutrient–weed management under mechanised dry direct seeding (dds) is essential for sustained smallholder adoption in rainfed lowland rice (*Oryza sativa*). **Experimental Agriculture**, p.1-17, 2018.

SHEPHERD, M. J.; LINDSEY, L. E.; LINDSEY, A. J. Soybean Canopy Cover Measured with Canopeo Compared with Light Interception. **Agricultural & Environmental Letters**. September 6, 2018.

## AGRICULTURA DE PRECISÃO NO COLÉGIO POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

### *Precision agriculture at the Polytechnic College of the Federal University of Santa Maria*

**Modalidade:** Relato de Experiência

Luciano Zucuni Pes<sup>1</sup>, Vilson Benz<sup>2</sup>, Hercules Nogueira Filho<sup>3</sup>, Fábio Henrique Gebert<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n. 1000, CEP 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [lucianopes@politecnico.ufsm.br](mailto:lucianopes@politecnico.ufsm.br)

<sup>2</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n. 1000, CEP 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [vibenz@politecnico.ufsm.br](mailto:vibenz@politecnico.ufsm.br)

<sup>3</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n. 1000, CEP 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [filhonogueira@gmail.com](mailto:filhonogueira@gmail.com)

<sup>4</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n. 1000, CEP 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil, [fhgebert@gmail.com](mailto:fhgebert@gmail.com)

#### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo relatar a experiência do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) com a agricultura de precisão (AP). O Colégio Politécnico é uma unidade de ensino básico, técnico e tecnológico da UFSM e possui diversos Cursos relacionados com a AP, como o Técnico em Agricultura, Técnico em Agropecuária, Técnico em Zootecnia, Técnico em Geoprocessamento, Tecnólogo em Geoprocessamento e Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão. Além disso, a instituição tem uma área rural disponível para realizar atividades de ensino, pesquisa e extensão, a qual, desde 2010, é manejada utilizando ferramentas da AP. Todas essas inserções da AP nas atividades de ensino, pesquisa e extensão do Colégio Politécnico da UFSM tem promovido a formação de profissionais com vivência na área e com maiores possibilidade de competir por um lugar no mercado de trabalho.

**Palavras-chave:** Ensino. Pesquisa. Formação profissional.

#### ABSTRACT

This paper aims to report the experience of the Polytechnic College of the Federal University of Santa Maria (UFSM) with precision agriculture (PA). The Polytechnic College is a basic, technical and technological teaching unit of UFSM and has several courses related with PA, such as Technician in Agricultural, Technician in Agricultural and Livestock, Technician in Zootechnical, Technician in Geoprocessing, Technologist in Geoprocessing and Professional Master Degree in Precision Agriculture. In addition, the institution has a rural area available for teaching, research and extension activities, that since 2010, has been managed using PA tools. All these PA approaches in the teaching, research and extension activities of the UFSM Polytechnic College has been promote a professional qualification with more experience and increase their possibility to compete for a vacancy in the job market.

**Keywords:** Teaching. Research. Professional qualification.

## 1 INTRODUÇÃO

O Colégio Politécnico é uma Unidade de Educação Básica, Técnica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), prevista no Estatuto Geral da instituição, e vinculada à Coordenadoria de Educação Básica, Técnica e Tecnológica (CEBTT) (COLÉGIO..., 2019). Foi fundado através do Decreto Lei Federal n. 3864 – A, de 24 de janeiro de 1961, com a denominação de Escola Agrotécnica de Santa Maria (COLÉGIO..., 2019). Em 25 de janeiro de 1968, com o Decreto Lei n. 62.178, foi transferido para a UFSM com a designação de Colégio Agrícola de Santa Maria e, em função da diversificação e da ampliação dos cursos, em 22 de fevereiro de 2006, passou a se denominar Colégio Politécnico da UFSM (COLÉGIO..., 2019).

O Colégio Politécnico da UFSM oferece atualmente, de maneira gratuita, Ensino Médio, 15 cursos técnicos, 4 tecnológicos e 2 cursos de pós-graduação. Dentro desta diversidade de Cursos, a Agricultura de Precisão (AP) está relacionada diretamente com o Curso Técnico em Agricultura de Precisão (AP), que terá o ingresso da 1ª Turma em março de 2020 e o Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão, que está em funcionamento desde o ano de 2011. Além disso, a AP também é trabalhada nos Cursos Técnico em Agropecuária, Técnico em Agricultura, Técnico em Zootecnia, Técnico em Geoprocessamento e Tecnólogo em Geoprocessamento.

Este relato de experiência tem como objetivo descrever a inserção da AP nas atividades de ensino, pesquisa e extensão do Colégio Politécnico da UFSM.

## 2 RELATO DA EXPERIÊNCIA

Para atender às demandas dos diversos Cursos ofertados pelo Colégio Politécnico da UFSM, a instituição possui uma infraestrutura completa, com salas de aula, auditório e laboratórios didáticos das mais diversas áreas. Alguns destes laboratórios estão situados na chamada “Área Nova”, uma área rural de 180 hectares, onde são realizadas atividades de criação de animais (bovinos e ovinos); cultivo de espécies anuais de grãos (soja, milho, trigo, arroz irrigado e de sequeiro, centeio e aveia); cultivo de espécies forrageiras anuais e perenes (aveia preta, azevém, tifton, pensacola e trevo); cultivo de frutíferas (nogueira pecã, citros e oliveira) e cultivo de espécies florestais nativas e exóticas (erva-mate e eucalipto). Neste sentido, os 180 ha estão assim divididos:

- Cultivos anuais: 70 ha, sendo 10 ha irrigados por pivô central;
- Pastagens: 65 ha;
- Cultivos perenes: 5 ha;
- Área de preservação / reserva legal: 40 ha.

Toda essa diversidade e intensidade de uso da área é destinado, exclusivamente, para atividades de ensino, pesquisa e extensão do Colégio Politécnico da UFSM, especialmente para o desenvolvimento de aulas práticas dos Cursos Técnico em Agropecuária, Técnico em Agricultura, Técnico em Zootecnia, Técnico em Geoprocessamento, Tecnólogo em Geoprocessamento e do Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão. Sendo assim, é possível afirmar que pelo menos 400 alunos têm contato direto com as atividades desenvolvidas nesta área, anualmente.

A facilidade para utilização desta área para as atividades de ensino, pesquisa e extensão é a proximidade dela com a sede do Colégio Politécnico, pois estão separados por apenas 2 km.

Em relação aos 70 hectares destinados para os cultivos anuais de grãos, é fundamental destacar que eles estão sendo manejados com AP desde 2010. Para isso, o Colégio Politécnico

possui uma colhedora Massey Ferguson®, modelo 32, com plataforma de corte tradicional de 20 pés e plataforma de milho de 8 linhas, equipada com tecnologias que permitem o registro de dados de produtividade; um trator John Deere® 6110J, equipado com piloto automático; um trator Valtra® 800, equipado com o monitor Topper® 4500, para orientação das atividades de pulverização e distribuição de fertilizantes a lanço; um trator Massey Ferguson® 4290; uma semeadora Semeato®, com 7 linhas de plantio; uma semeadora de fluxo contínuo Stara®, com 12 linhas de plantio; um pulverizador de hidráulico Jacto® Falcon, de 600 litros, equipado com sistema vortex e um distribuidor de sólidos Twister 1500®, com capacidade de distribuir à taxa variável.

Nestes 9 anos trabalhando com a AP, foram registrados dados de produtividade de 9 safras de verão (2011-2019) e 8 safras de inverno (2011-2018). Além disso, foram realizadas duas amostragens georreferenciadas dos 70 ha, nos anos 2012 e 2017. A partir destas amostragens, já foram realizadas duas adubações à taxa variável, nos anos 2013 e 2018, com objetivo de adequar o pH do solo para valores próximos a 6,0 e os teores dos nutrientes para o nível "alto", conforme indicações da Comissão... (2016).

Com base no relatado até o momento, os alunos do Colégio Politécnico da UFSM têm a oportunidade de acompanhar e atuar no ciclo completo da AP durante o período de formação. Como consequência, os profissionais egressos da instituição estarão aptos a atuar com AP nas suas diferentes abordagens.

Ainda sobre o ensino, a instituição irá ofertar, a partir de 2020, o Curso Técnico em Agricultura de Precisão, que terá duração de 1200 horas (4 semestres), mais o estágio curricular obrigatório de 200 horas, a ser realizado ao final do Curso. A proposta de perfil do egresso deste Curso é o seguinte:

- Orientar, desenvolver atividades e fornecer assistência técnica na agricultura de precisão;
- Aplicar metodologias para determinação da variabilidade temporal e espacial de atributos de solo e planta;
- Utilizar equipamentos de sistemas de posicionamento global na agricultura de precisão;
- Gerar malha de amostragem e realizar a coleta de solo e de planta georreferenciada;
- Conhecer o funcionamento e realizar a manutenção de máquinas agrícolas equipadas com eletrônica embarcada;
- Calibrar e operar máquinas agrícolas equipadas com sistemas de agricultura de precisão;
- Utilizar softwares e tecnologias para o processamento de dados provenientes de análises de solo, planta e de máquinas agrícolas;
- Utilizar diferentes sensores de solo e planta para obtenção de dados;
- Realizar o planejamento e execução de voo por meio de aeronaves remotamente pilotadas e análise prévia dos produtos obtidos;
- Atuar na difusão de tecnologias de agricultura de precisão;
- Recomendar a aplicação de corretivos e fertilizantes à taxa variada;
- Recomendar intervenções de manejo em sítio específico de solo e planta;
- Realizar o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças utilizando princípios da fitossanidade de precisão;
- Exercer atividades de orientação no estudo de viabilidade econômica de empreendimentos agropecuários voltados à agricultura de precisão;
- Elaborar e conduzir projetos agropecuários voltados a agricultura de precisão.

O Curso Técnico em Agricultura de Precisão será dividido em 3 módulos, sendo eles:

- Produção vegetal;



- Máquinas agrícolas;
- Geotecnologias.

O discente terá a opção de cursar apenas as disciplinas obrigatórias dentro de cada módulo e sair com a certificação referente ao módulo concluído, sendo eles:

- Agente de produção vegetal em agricultura de precisão;
- Agente de máquinas agrícolas em agricultura de precisão;
- Agente em geotecnologias em agricultura de precisão.

Além da questão do ensino, é importante ser destacada a atuação do Colégio Politécnico da UFSM na pesquisa em AP, através de diversos projetos desenvolvidos por docentes da instituição com essa temática, além, é claro, do Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão, que já possui mais de 70 dissertações defendidas e publicadas. Neste sentido, pelo menos 3 dissertações utilizaram dados oriundos da "Área Nova" do Colégio Politécnico da UFSM.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Colégio Politécnico da UFSM possui uma relação de quase 10 anos com a AP, através da oferta do Curso de Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão e da inserção da temática da AP em diversos Cursos Técnicos e Tecnológicos. A partir de 2020, vem a somar o Curso Técnico em Agricultura de Precisão, que irá oportunizar mais uma opção de formação profissionalizante na instituição. Pretende-se que o curso atue em conjunto com o Mestrado Profissional em atividades de ensino, pesquisa e extensão e, dessa forma, que todos os agentes envolvidos sejam beneficiados, especialmente os usuários das tecnologias.

### REFERÊNCIAS

COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM. **Sobre o Politécnico**. Santa Maria, 2019. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/unidades-universitarias/politecnico/sobre-o-politecnico>>. Acesso em 15 set. 2019.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 376 p., 2016.

## **BASE – PRECISÃO NA AGRICULTURA: 15 ANOS DE EXPERIÊNCIA** *BASE – Precisão na Agricultura: 15 years of experience*

**Modalidade:** Relato de Experiência

Jessica Hoch Boelter <sup>1</sup>, Ademir Wendling <sup>2</sup>, Charles Bolson Pontelli <sup>3</sup>, Grazielle Feltrin Dias  
Wendling <sup>4</sup>, Pablo Fernandes <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Me. Eng. Agrônoma, Técnica em Geoprocessamento BASE – Precisão na Agricultura, Av. Osvaldo Zambonato, 623, 97195000, Silveira Martins – RS, [processamento@base.agr.br](mailto:processamento@base.agr.br)

<sup>2</sup> Dr. Eng. Agrônomo, Diretor Técnico BASE – Precisão na Agricultura, Av. Osvaldo Zambonato, 623, 97195000, Silveira Martins – RS, [ademir@base.agr.br](mailto:ademir@base.agr.br)

<sup>3</sup> Me. Eng. Agrônomo, Diretor Administrativo BASE – Precisão na Agricultura, Av. Osvaldo Zambonato, 623, 97195000, Silveira Martins – RS, [charles@base.agr.br](mailto:charles@base.agr.br)

<sup>4</sup> Me. Eng. Agrônoma, Responsável Técnica Laboratório BASE – Precisão na Agricultura, Av. Osvaldo Zambonato, 623, 97195000, Silveira Martins – RS, [grazielle@base.agr.br](mailto:grazielle@base.agr.br)

<sup>5</sup> Me. Eng. Florestal, Gerente Operacional BASE – Precisão na Agricultura, Av. Osvaldo Zambonato, 623, 97195000, Silveira Martins – RS, [pablo@base.agr.br](mailto:pablo@base.agr.br)

### **RESUMO**

BASE – Precisão na Agricultura, empresa que oferece soluções tecnológicas em serviços e produtos para a agricultura. Pioneira no segmento, suas soluções que vem sendo aprimoradas a mais de 15 anos visam o aumento da rentabilidade dos clientes. Os serviços de amostragem de solo, com equipe técnica e equipamentos preparados, as análises laboratoriais certificadas, a interpretação e recomendação baseada em profissionais com experiência e software GIS de alto desempenho, as soluções para intervenção formam a chave completa aos clientes. Sede própria e ampla com mais de 1000 m<sup>2</sup>, situada no centro do Rio Grande do Sul, equipe multidisciplinar de mais de 40 profissionais, permitem o atendimento aos clientes de forma rápida e com qualidade. Este relato apresenta as conquistas e o desenvolvimento da BASE desde a sua criação na Incubadora Tecnológica da Universidade Federal de Santa Maria até hoje em Silveira Martins.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Tecnologia. Laboratório. BASE.

### **ABSTRACT**

BASE – Precisão na Agricultura, a company that offers technological solutions in services and products for agriculture. A pioneer in the segment, its solutions, which have been improved and for more than 15 years, aim increasing customer profitability. Soil sampling services, with technical team and equipments prepared, certified laboratory, interpretation and recommendation based on professionals with experience and high-performance GIS software, solutions for intervention form the complete key for customers. Own and wide headquarters with more than 1000 m<sup>2</sup>, located in the center of Rio Grande do Sul, multidisciplinary team of more than 40 professionals, allow the service to customers quickly and with quality. This report presents the achievements and development of BASE since its creation at the Technological Incubator of the Federal University of Santa Maria until today in Silveira Martins

**Keywords:** Precision Agriculture. Technology. Laboratory. BASE.

## 1 INTRODUÇÃO

A empresa BASE – Precisão na Agricultura tem 15 anos de atuação e está localizada em Silveira Martins, na região central do estado do Rio Grande do Sul. Pioneira em tecnologia para agricultura no estado, a empresa iniciou suas atividades no ano de 2004 na Incubadora Tecnológica da Universidade Federal de Santa Maria, idealizada por três Engenheiros Agrônomos estudantes de Pós-Graduação da instituição.

Ademir Wendling, Charles Bolson Pontelli e Antônio Luis Santi iniciaram as atividades da BASE com a assessoria para a AGCO do Brasil, atuando no suporte e treinamentos de tecnologia e equipamentos para a agricultura de precisão (AP). Hoje, Ademir e Charles estão à frente da empresa, que além da tecnologia, atua nos ramos de mapeamento da fertilidade do solo e laboratório de análises de solo, tecido e semente.

Contando com uma equipe técnica especializada e com a maior estrutura de prestação de serviços em agricultura de precisão no estado, a BASE atua em todas as fases da AP. Desde a amostragem georreferenciada, análise química do solo, mapas de fertilidade e recomendações de aplicação de corretivos e fertilizantes, mapas de produtividade, até o processamento de imagens de satélite e utilização de sensores.

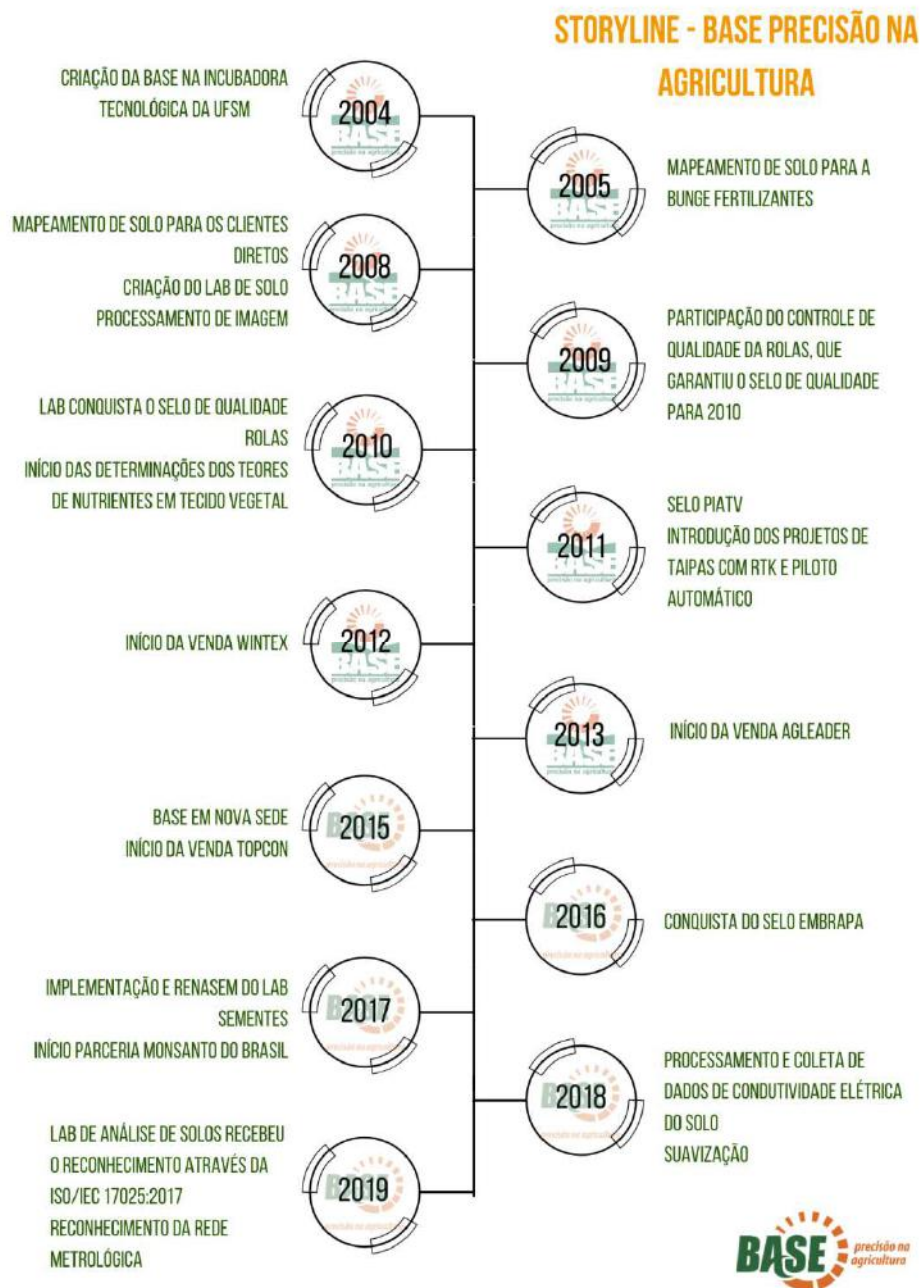
Considerado o laboratório agrônomo privado com maior infraestrutura instalado no Rio Grande do Sul, realizando análises químicas e físicas de solo, análises químicas de tecido vegetal e análises de sementes. Este último é credenciado ao Ministério da Agricultura e possui um sistema de gestão de qualidade de acordo com a norma ABNT NBR ISSO/IEC 17025:2005. O laboratório de solos e tecido vegetal possui qualidade reconhecida pelas instituições certificadoras ROLAS, ESALQ e Rede Metrológica.

No âmbito de tecnologia para a agricultura a empresa é representante das marcas Topcon e AgLeader nos estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Em nível nacional a empresa comercializa e presta suporte para equipamentos e softwares para a agricultura de precisão, sendo representante da Wintex Agro no ramo de amostradores de solo, do software HGIS da StarPal para coleta de informações georreferenciadas a campo e SGIS da Topcon para processamento de dados georreferenciados no escritório. Este software, tem sua história no Brasil alicerçada na BASE pois desde de sua tradução para o português, em 2004, foi realizada pelos Engenheiro Agrônomo Ademir Wendling e Antonio Santi, facilitando o uso e possibilitando a comercialização do mesmo no país.

## 2 RELATO DA EXPERIÊNCIA

Relatando um pouco da trajetória da empresa (Figura 1), no ano de 2005, iniciou suas atividades de coleta georreferenciada de amostras de solo e aplicação de fertilizantes e corretivos a taxa variável, na oportunidade atendendo exclusivamente as demandas da Bunge Fertilizantes, primeira parceira no seguimento. A partir do ano de 2008, passou a oferecer o ciclo completo do mapeamento da fertilidade do solo diretamente ao produtor rural, sendo Ilton Balzan o primeiro cliente, assistido pelos técnicos da empresa até hoje. Associado a isto, ainda neste ano, iniciaram os estudos e utilização do processamento de imagens e índices de vegetação para auxiliar na identificação da variabilidade da lavoura, contribuindo na tomada de decisão e ganhos de produção.

Figura 1 – Storyline da história da empresa BASE – Precisão na Agricultura.



Fonte: BASE – Precisão na Agricultura.

Com o aumento do número de amostras e a necessidade da agilidade nos resultados, ainda no ano de 2008 foi criado o laboratório de análise química de solo da BASE, contando hoje com capacidade técnica e de infraestrutura para 1000 análises por dia. No ano seguinte, houve a participação no controle de qualidade da Rede Oficial de Laboratórios de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ROLAS), vindo a comprovar a qualidade das análises através do selo de qualidade para 2010 mantido até o presente ano sem interrupção.

Ainda no ano de 2009, o laboratório iniciou as determinações de análise granulométrica, determinando os teores de areia, silte e argila no solo, afim de classificar o solo dentro dos tipos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para Zoneamento Agrícola de Risco Climático, assim assegurando o financiamento ou seguro da lavoura. Em 2010, com a finalidade de avaliar a qualidade nutricional das plantas, o laboratório iniciou as determinações dos teores dos nutrientes em tecido vegetal. Ainda neste ano, foi recebido o reconhecimento da qualidade das análises pelo Programa Interlaboratorial de Análise de Tecido Vegetal - ESALQ.

Já no ano de 2011, a empresa evoluiu nos projetos voltados a tecnologia, iniciaram neste ano os projetos de execução de taipas com o sistema RTK e Piloto Automático. Assim, utilizando softwares específicos que permitiram executar os dados no monitor do trator, tal prática possibilitou maior agilidade de operação e melhor precisão na execução das taipas.

Desde 2012, a empresa utiliza e comercializa os amostradores de solo Wintex a nível de Brasil, equipamento responsável pela maioria das coletas de solo no Rio Grande do Sul. Este, é um amostrador de solo automático, onde as amostras são retiradas através de um trado calador, garantindo maior qualidade na coleta, na execução e segurança da operação de coleta de solo.

Perante a necessidade de obter no campo aplicadores em taxa variável para atender a demanda dos clientes, em 2013 a BASE passou a ser representante de comercialização de tecnologia da Ag Leader. Ainda, atuou na instalação e suporte para estes equipamentos, bem como no treinamento aos usuários destas tecnologias.

Com espaço ampliado e moderno, em 2015 a BASE inaugurou a nova sede em Silveira Martins, afim de melhor atender os clientes e oportunizar melhores condições de trabalho aos seus colaboradores. A nova sede, conta com salas para o departamento administrativo, salas para reunião, laboratório de análise de solo, laboratório de análise de tecido vegetal, laboratório de semente, espaço para manutenção de equipamentos e refeitório.

Ainda neste ano, a empresa integrou ao seu portfólio de vendas os equipamentos de tecnologia para a agricultura da marca Topcon, ampliando as opções aos seu clientes. Além da comercialização, a empresa atua na instalação, suporte e treinamento a campo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O laboratório de solos conquistou em 2016, o Selo Embrapa de qualidade de análises químicas de solo, com o reconhecimento do mesmo a nível nacional. No ano seguinte, o Laboratório de Sementes foi cadastrado ao Sistema de Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM), conferido pelo MAPA, permitindo a atuação na análise de sementes de diversas culturas com interesse comercial.

Também em 2017, a BASE iniciou a prestação de serviços para a empresa Monsanto do Brasil, hoje Bayer. Estes contratos contemplam a prestação de serviço para a empresa, atendendo os testes da plataforma FieldView, coleta georreferenciada para mapeamento de solo em vários estados brasileiros e, desde 2018, coleta e processamento de dados de condutividade elétrica do solo, bem como a análise química e física das amostras de solo coletadas. No ano de 2018 a empresa iniciou as atividades de suavização. Esta tecnologia através do uso da tecnologia RTK e eletrônica embarcada em trator e plaina permite fazer ajustes no terreno, com pequeno movimento de terra, que facilitam a drenagem e a irrigação para arroz e soja, principalmente.

Em 2019, ano em que a BASE comemorou 15 anos de experiência, recebemos o reconhecimento da Rede Metrologia para o laboratório de solos, o que permite participar do programa Bônus Metrologia, fruto de uma parceria entre o Sebrae e Rede Metrologia que beneficia o produtor rural com até 70% dos custos com análise. Ainda neste ano o MAPA aprovou

o aumento do escopo das espécies a serem analisadas pelo laboratório de sementes da BASE.

Considerada a pioneira em tecnologia para a agricultura e uma das cinco primeiras empresas do estado a realizar mapeamento georreferenciado de solo, a BASE - Precisão na Agricultura, hora como uma equipe técnica e administrativa de mais de 40 colaboradores, desenvolve, fornece e aplica soluções tecnológicas que agraguem valor ao agronegócio, visando ser referência em tecnologia no segmento. Para isso, presa por valores como a integridade, humildade, pró-atividade, comprometimento e profissionalismo, para com os seus clientes, parceiros e colaboradores.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao longo da história a empresa sempre buscou inovar, aperfeiçoar e ter profissionais para o melhor atendimento dos clientes. Uma história de conquistas graduais, planejadas, focadas no agronegócio. Assim, a BASE pretende continuar a sua história.

## Organização



Prefeitura Municipal  
Não-Me-Toque/RS



SISTEMA FARSUL  
FARSUL ▪ SENAR ▪ CASA RURAL



COTRIJAL

## Patrocínio Ouro

**Stara**  
Evolução Constante



JOHN DEERE



SENAR  
Rio Grande do Sul



Reino dos Países Baixos

## Patrocínio Prata



MASSEY FERGUSON

## Apoiadores

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL

EMATER/RS



Sicredi

Jacto

AsBraAP

DGNet  
telecom

FERTILÁQUA

Aminoagro

Dimicron

Maximus



AGRO  
TECNOLOGIA

Editora CESPOL

ISBN: 978-65-990392-0-1