

PROJETO.
Aquarius
17 ANOS
DE PIONEIRISMO



PROJETO. *Aquarius*

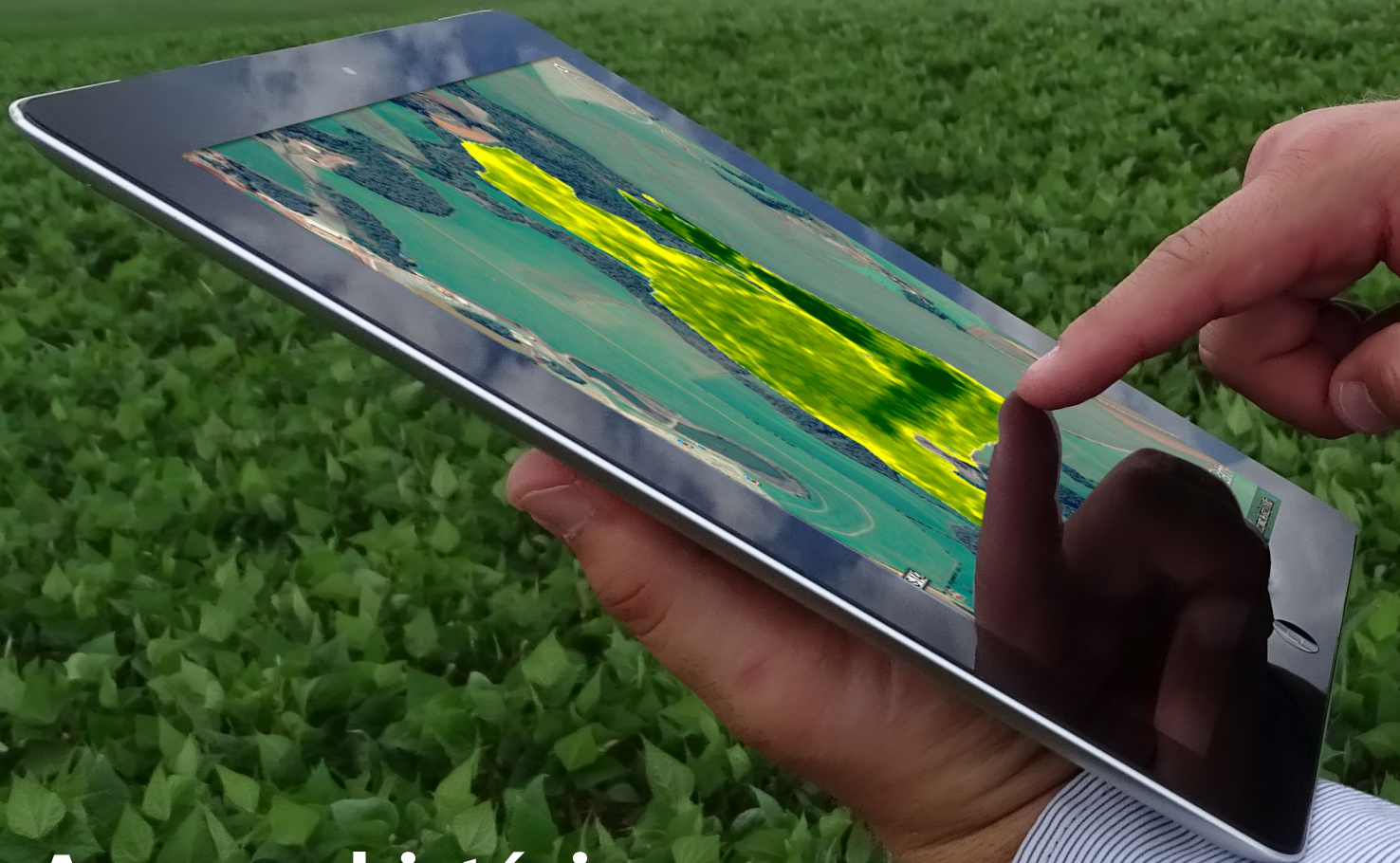
**17 anos de pioneirismo em
Agricultura de Precisão no Sul do Brasil**

PROJETO. *Aquarius*

Stara
Evolução Constante



Knowledge grows



A nossa história
se confunde com a história da
AGRICULTURA DE PRECISÃO
no Brasil





Projeto Aquarius

17 anos de pioneirismo em Agricultura de Precisão no Sul do Brasil

Telmo Jorge Carneiro Amado

Universidade Federal de Santa Maria

**Zero 3 Comunicação e Design Ltda.
Editora**

2017

P964 Projeto Aquarius : 15 anos de pioneirismo em agricultura de precisão no sul do Brasil / autoria: Telmo Jorge Carneiro Amado ... [et al.]. – [Santa Maria] : Universidade Federal de Santa Maria : Zero 3 Comunicação e Design, 2016.
79 p. : il. ; 27 cm

ISBN 978-85-477-0000-3

1. Agricultura 2. Engenharia agrícola
3. Agricultura de precisão 4. Brasil 5. História
I. Amado, Telmo Jorge Carneiro

CDU 631.6(81)(09)

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt - CRB-10/737
Biblioteca Central - UFSM

Zero 3 Comunicação e Design
Produção da Capa

Zero 3 Comunicação e Design
Editoração e Composição Eletrônica
www.zero3design.com

Claudio Tonetto Júnior - Zero 3 Comunicação e Design
Projeto Gráfico

Revisão
Equipe Técnica Projeto Aquarius

Impressão
Gráfica Grapel

Este Livro no todo ou em parte, conforme determinação legal, não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização expressa e por escrito de seus autores.



Projeto Aquarius

17 anos de pioneirismo em Agricultura de Precisão no Sul do Brasil

Nossa história se confunde com a história da Agricultura de Precisão no Brasil

Autores

Alexandre Schafer
Bernardo Tisot
Cíntia Dal Vesco
Cintia Neves
Cristiano Paim Buss
Douglas Jandreí
Erico Corneta
Fábio Henrique Gebert
Fernando Dubou Hansel
Gelson Melo de Lima
Geomar Mateus Corassa
Gustavo Libardi
João Benetti
João Maçãs
Joerg Jasper
Leonardo Kerber
Livia Tiraboschi
Luis Torres
Magnus Rambraut
Marcelo Alexandre
Nádia Pilger
Rafael Magni
Rai Augusto Schwalbert
Stefan Reusch
Telmo Jorge Carneiro Amado
Tiago De Gregori Teixeira
Tiago Hörbe
William Wagner
Willian Lima



Agradecimentos

Arcival Vieira Mello
Felipe e João P. Tagliari
Franciscus Stapelbroek (in memorian)
Fernando Stapelbroek Trennepohl
Gilson Trennepohl
Gilberto Maldaner
Inês Maria Manfrin Vian
Jairo Marcos Kohlrausch
Juliano Michelini
Luciano de Mattos
Luiz C. e Paulo R. Marquetti
Marco Antônio Raymundo
Marcos Van Riel
Mário Elly
Nei César Mânica
Professor Enio Giotto
Professor José Fernando Schlosser
Roberto Stapelbroek
Rogério Pacheco
Sérgio Limberger
Thiago Fraga
Valdir e Volnei Koeche
AGCO
Cotrijal
Dekalb
Dupont Pioneer
Fazenda Anna
Fazenda Estância Nova
Monsanto
Prefeitura de Não-Me-Toque/RS
Serrana Fertilizantes
Stara S/A
Universidade Federal de Santa Maria
Yara Brasil Fertilizantes
Alunos de Graduação e Pós-Graduação da UFSM

Santa Maria, 06 de Março de 2017.

PROJETO. Aquarius

Este trabalho reúne as principais experiências adquiridas com a Agricultura de Precisão durante mais de 17 anos de condução do Projeto Aquarius. Esse período foi farto de aprendizado, de desenvolvimento de tecnologias e de máquinas agrícolas que colaboraram para a evolução do sistema produtivo. A equipe do Projeto, com características multi-institucional e multidisciplinar, sempre trabalhou ao lado dos produtores rurais que cederam suas áreas para o desenvolvimento das pesquisas e aportaram sua insubstituível experiência e percepção para o aprimoramento das tecnologias que estavam sendo propostas. A metodologia adotada para a condução do Projeto foi a participativa, sempre com ampla discussão sobre a necessidade e viabilidade das inovações e a avaliação dos resultados obtidos. A aproximação dos produtores, da universidade, da indústria e da cooperativa agrícola para desenvolver em conjunto um projeto de longa duração é fato raro no Brasil.

O Projeto foi iniciado quando as principais experiências com Agricultura de Precisão encontravam-se fora do país, em condições muito distintas do cultivo praticado no Sul do Brasil. Por ser uma área

de inovação que demandava a modificação de rotinas do sistema produtivo, fazia-se necessário vencer uma natural resistência ao novo e ao desconhecido. Os principais questionamentos eram se este tipo de agricultura seria somente para países ricos e desenvolvidos, se seria economicamente viável, se os operadores de máquinas e agricultores estariam preparados para assimilar as inovações, se haveriam vantagens na adoção destas tecnologias, se a indústria nacional de máquinas agrícolas seria capaz de produzir equipamentos com a mesma tecnologia que os importados e se



o apelo seria mais comercial do que técnico. Portanto, havia muito a ser feito em termos de validação de pesquisa e de desenvolvimento, além da formação de recursos humanos que pudesse utilizar na plenitude as inovações tecnológicas que estavam sendo introduzidas.

O período em que o Projeto foi desenvolvido apresentou profundas transformações do setor produtivo agrícola. A globalização, a valorização das commodities agrícolas e da terra, a disputa cada vez mais acirrada pela conquista de mercados, a introdução da biotecnologia, a busca de novos tetos produtivos, o incremen-

to no uso de insumos, a profissionalização dos agricultores, a adoção de processos de gestão agrícola, a conscientização da necessidade de preservação dos recursos naturais e, principalmente, a necessidade de aumentar a eficiência na agricultura. Todos estes processos causaram impacto no Projeto Aquarius e criaram um ambiente propício para a introdução, validação e evolução da Agricultura de Precisão no Brasil. A visão dos integrantes do Projeto é de que o processo produtivo deveria ter um novo arranjo que possibilitasse a rápida incorporação das inovações tecnológicas a medida que elas se mostrassem vantajosas em relação às práticas tradicionais, como também, de que toda a inovação deveria ser complementar às práticas já adotadas de modo que, mais importante do que captar o seu efeito isolado, seria avaliar seu efeito no funcionamento geral do sistema produtivo.

A equipe do Projeto Aquarius agradece a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para que esta caminhada fosse possível e deseja uma ótima leitura.



Agricultura de Precisão

Vários conceitos têm sido utilizados para definir Agricultura de Precisão, entre eles destaca-se o que define a Agricultura de Precisão como um conjunto de tecnologias que permite o enfoque sistêmico da produção agrícola, conciliando a necessidade de obter elevadas produtividades com a manutenção da qualidade do produto e com o retorno econômico, tudo isso aliado com as preocupações quanto ao impacto ambiental. A Agricultura de Precisão utiliza modernas tecnologias de posicionamento geográfico, de informática, de engenharia e de gestão agrícola. Ela se baseia na investigação da variabilidade de solo e de plantas dentro da lavoura, de forma a subsidiar o manejo sítio-específico. Segundo a National Research Council (1997), a Agricultura de Precisão objetiva o aumento da produtividade ao mesmo tempo que diminui os custos de produção e o impacto ambiental.

Segundo MANZATTO et al. (1999), o principal conceito é a aplicação de insumos no local correto, no momento adequado e em quantidade necessária para a produção agrícola em áreas cada vez menores e mais homogêneas até onde houver tecnologias disponíveis e os custos permitirem. O objetivo da Agricultura de Precisão é aumentar a eficiência das intervenções agrícolas pela diminuição do erro de dosagem, aplicação e de momento. Para tanto, as ferramentas da Agricultura de Precisão possibilitam um elevado grau de controle de todas as atividades e a emergência de um novo conhecimento sobre o sistema de produção baseado na coleta e interpretação de um grande volume de informações a cerca do processo produtivo. Este novo conhecimento possibilita modificar processos e incorporar novas tecnologias a fim de incrementar a eficiência do sistema produtivo. Finalmente, BLACKMORE (2003) sintetizou a Agricultura de Precisão como o manejo da variabilidade visando incrementar o retorno econômico e minimizar o impacto ambiental da atividade agrícola.

Na Agricultura de Precisão quatro etapas são fundamentais: a) diagnóstico acurado e com elevada resolução espacial da variabilidade (solo, planta, insetos, ervas daninhas, etc.) existente na lavoura; b) processamento de informações - sistema de informação geográfica que subsidie a tomada de decisão agrônômica e que possibilite a rastreabilidade, a avaliação da eficiência dos processos, o armazenamento e a telemetria; c) intervenção sítio-específica - utilização da dose variada de insumos (fertilizantes, corretivos, sementes, agroquímicos) de acordo com a variabilidade existente; d) precisão nas intervenções. A variabilidade é chave neste processo, sendo considerados três tipos de variabilidade: espacial, temporal e a predita ou projetada.

A variabilidade espacial é muito utilizada, por exemplo, para o manejo da fertilidade do solo. A variabilidade temporal permite identificar um padrão de comportamento de plantas que se mantém ao longo do tempo, diminuindo o efeito das condições climáticas verificadas durante uma safra específica, e a variabilidade projetada permite antecipar estratégias de manejo de solo e de planta.



Figura 1. Distribuição de grids e aplicação à taxa variada.
Fonte: Stara

Uma das aplicações que tem crescido recentemente é o acompanhamento e o controle das máquinas agrícolas de forma remota, permitindo avanços na gestão e na logística da atividade agrícola, através do sistema de telemetria.

Histórico do

Projeto Aquarius



Figura 2. Ilustração parcial das atividades possíveis de serem realizadas a campo, com o auxílio do sinal de GPS. Fonte: California Agriculture. A Agricultura de Precisão pode aumentar os lucros e controlar os impactos ambientais.

No ano 2000, inspirado no sucesso da adoção da Agricultura de Precisão em países desenvolvidos, notadamente Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra e Austrália, entre outros, foi criado o Projeto Aquarius. Na América do Sul, as experiências com adoção da Agricultura de Precisão eram restritas a Argentina e a algumas escassas experiências no Paraná e Centro-Oeste do Brasil, iniciadas em meados da década de 90 a partir do uso civil dos GPS (Sistema de Posicionamento Global).

Especificamente no Rio Grande do Sul, no final dos anos 90 uma empresa de fertilizantes (Serrana Fertilizantes) incentivou a amostragem de solo seguindo o modelo de malha amostral com geração de mapas temáticos de atributos químicos, porém a fertilização à taxa variada foi utilizada apenas em uma pequena fração das áreas amostradas. Existia uma carência de trabalhos de Agricultura de Precisão de longa duração e que tivesse a participação conjunta das indústrias de máquinas agrícolas, de fertilizantes, genética, de produtores rurais e de uma universidade. Por ser uma área multidisciplinar, havia a necessidade de uma conjugação de competências de diferentes empresas que atuam no agronegócio e que deveriam trabalhar de forma integrada, coordenada e complementar. Além disso, por ser uma área de intensa inovação tecnológica, havia a necessidade de um trabalho continuado que possibilitasse a incorporação gradual das novas soluções ao processo produtivo na medida em que fossem disponibilizados. Durante a condução do Projeto percebeu-se que mais importante que avaliar cada inovação tecnológica de forma isolada era avaliar o comportamento da inovação integrada a outras tecnologias já adotadas, possibilitando o aprimoramento do sistema de produção. Assim, visando preencher esta lacuna foi criado o Projeto Aquarius.



Figura 3. O Projeto Aquarius foi criado com o objetivo de estabelecer um trabalho a longo prazo de pesquisa e desenvolvimento em Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul e no Brasil. Fonte: Projeto Aquarius.

O significado do termo Aquarius

O nome do Projeto Aquarius simboliza uma nova era, o renascimento da agricultura, a inovação, a tecnologia e o avanço do conhecimento. De acordo com a astrologia, a Era de Aquarius era caracterizada pela fraternidade universal onde seria possível solucionar os problemas de maneira equitativa para todos e com grandiosas oportunidades para o desenvolvimento intelectual e espiritual, dado que Aquarius é um signo aéreo, científico, intelectual e o seu planeta regente, Urano, é associado com a intuição, a eletricidade e a tecnologia. Ainda, é possível derivar significados como: a descoberta, a verdadeira vivência, o real conhecimento dos ensinamentos, o novo céu e a nova terra.

O começo

No ano de 2000 a produtividade média de soja no Rio Grande do Sul era de 1.700 kg/ha (28,3 sc/ha) e de milho era de 2.400 kg/ha (40 sc/ha). Em 2014/15 a produtividade média de soja foi de 2.835 kg/ha (47,2 sc/ha) e do milho foi de 6.560 kg/ha (109,3 sc/ha). Estes números ilustram que o Projeto se desenvolveu em um período em que a agricultura gaúcha e brasileira passou por profundas transformações com a consolidação do sistema de plantio direto, a introdução da biotecnologia, a globalização, a escassez de mão de obra, o avanço da mecanização agrícola e a profissionalização dos agricultores. Todos estes processos evolutivos impactaram no Projeto Aquarius que foi se moldando e incorporando as novas tecnologias a medida que elas foram sendo desenvolvidas.

Em 2000, a Stara, juntamente com outras três empresas parceiras do agronegócio, Massey Ferguson, Monsanto e Serrana Fertilizantes, liderou a criação do Projeto Aquarius. No mesmo ano, dois talhões localizados em Não-Me-Toque/RS, um com 136 ha (área da Lagoa) e outro com 124 ha (área Schmidt), localizados na Fazenda Anna foram escolhidos para serem as áreas experimentais pioneiras. As dimensões das áreas eram representativas do tamanho médio das áreas de cultivo na região e, também, demandavam que todas as operações fossem feitas com máquinas agrícolas, a semelhança do que ocorre no dia a dia das lavouras.



Figura 4. Localização espacial da cidade de Não-Me-Toque/RS (4a) e áreas pioneiras do Projeto Aquarius (4b).
Fonte: Projeto Aquarius

Os agricultores pioneiros foram Franciscus Stapelbroek, Fernando Stapelbroek Trennepohl e Roberto Stapelbroek, no município de Não-Me-Toque/RS. Fernando havia conhecido a tecnologia de Agricultura de Precisão durante uma viagem aos Estados Unidos.

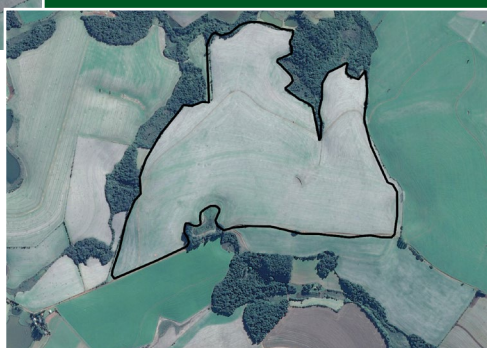
O objetivo inicial do Projeto Aquarius era demonstrar que a Agricultura de Precisão poderia ser aplicada em escala comercial nas lavouras do Sul do Brasil. Embora, desde o início, reconhecia-se que haveria necessidade de um árduo trabalho de validação e adaptação das tecnologias e equipamentos disponíveis às condições do Sul do Brasil. Para tanto, optou-se por experimentação diretamente na propriedade (“on-farm research”) de forma que as empresas parceiras facilitarão o acesso aos equipamentos e fornecerão o suporte às tecnologias, mas a administração das áreas continuava com os produtores agrícolas. Além do que, o resultado econômico das áreas experimentais era integralmente dos produtores, fazendo com que a margem de erro no processo de inovação fosse muito pequena.

No ano 2000, as tecnologias disponíveis para a Agricultura de Precisão eram limitadas a amostragem de solo georreferenciada, elaboração de mapas temáticos de atributos de solo e de colheita. A grande maioria das tecnologias e dos equipamentos eram importados e com elevado valor, fato que dificultava o acesso a maioria dos agricultores brasileiros.



Área Schmidt
Área total 124 ha
Não-Me-Toque/RS

4b



Área Lagoa
Área total 132 ha
Não-Me-Toque/RS



Figura 5. Os distribuidores importados pela Stara possibilitaram a primeira fertilização à taxa variada no Projeto Aquarius. Fonte: Projeto Aquarius.

O desenvolvimento do Projeto e os principais resultados

No talhão denominado Schmidt do Projeto Aquarius optou-se por iniciar a Agricultura de Precisão com base no mapa temático de produtividade. Enquanto no talhão denominado Lagoa optou-se por iniciar com base no mapa temático de atributos de solo, baseado em amostragens georreferenciadas com uma amostra a cada cinco hectares, utilizando um quadricúlo.

O primeiro mapa de colheita de milho com sensor de produtividade no Projeto Aquarius foi realizado na safra 2000/01, revelando elevada variabilidade espacial da produtividade: de 2.300 a 12.400 kg ha⁻¹, com média de 8.400 kg ha⁻¹. Como a área da Fazenda Anna foi o resultado de união de pequenas propriedades, havia um histórico de diversos manejos que foram empregados anteriormente, contribuindo para incrementar a variabilidade espacial.

Em 2001 na área da Lagoa do Projeto Aquarius foram realizadas as primeiras fertilizações à taxa variada simplificada, com o equipamento distribuidor ZAM 1500 Amazone (tecnologia da Alemanha disponibilizada no Brasil pela Stara) com base no mapa de variabilidade espacial de atributos químicos.

A primeira fertilização à taxa variada utilizou Fósforo e Potássio. A taxa variada simplificada consistia de 3 a 5 doses diferentes dos fertilizantes, de acordo com o mapa de atributos químicos. As fontes utilizadas foram de Superfosfato Simples e de Cloreto de Potássio, cada fertilizante foi aplicado em operações individuais.

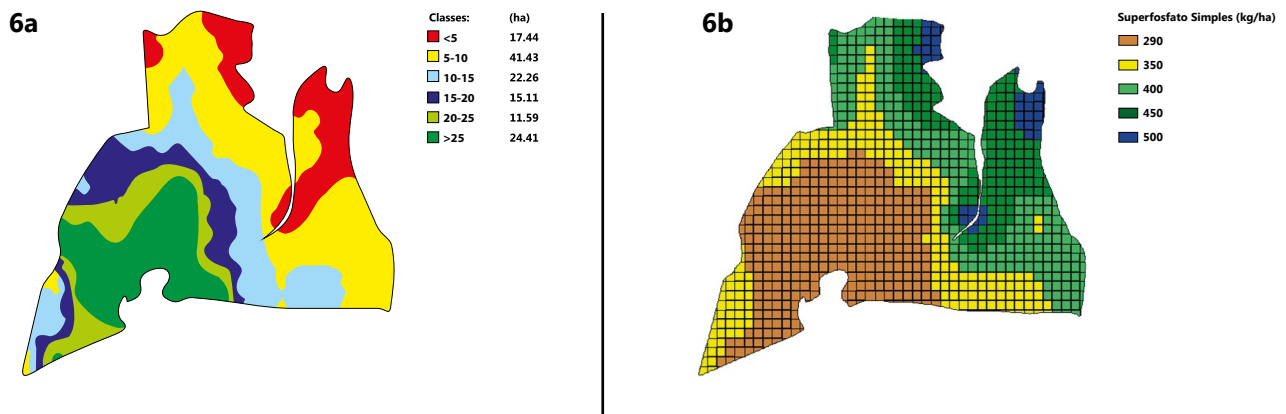


Figura 6. Mapa temático de distribuição espacial de Fósforo (6a) e o mapa de prescrição de fertilizante à taxa variada simplificada (6b). Fonte: Projeto Aquarius.

As fertilizações foram realizadas a lanço com distribuição uniforme na superfície do solo em pré-semeadura. Nesse ponto enfrentou-se o primeiro tabu: fertilização à lanço, especialmente de Fósforo com fonte de elevada solubilidade, seria ineficiente. Porém, por se tratar de áreas manejadas sob sistema de plantio direto, com histórico de calagem e fertilizações equilibradas e de teor de matéria orgânica médio, não foi observado aumento da imobilização do Fósforo a ponto de diminuir a eficiência da fertilização.

Os resultados obtidos demonstraram que a taxa variada de fertilizantes economizou 17,7% do custo total com fertilizantes em relação a taxa uniforme, que era tradicionalmente utilizada, e proporcionou um incremento na produtividade de 16,6%. Estes resultados foram atribuídos à correção de áreas com teores de nutrientes abaixo do crítico e que, portanto, possuíam maior probabilidade de retorno do investimento.

Na área Schmidt acumularam-se dois mapas de colheita e com base nestes foram realizadas as amostragens de solo de forma dirigida (amostragem inteligente). A maior concentração dos pontos amostrais foi nas áreas de baixa produtividade, de modo que de 20 amostras de solo

coletadas na área, 12 apresentavam baixa fertilidade. A fertilização foi realizada à taxa variada com maior dose aplicada nas áreas com baixa fertilidade e baixa produtividade nas safras anteriores. Os resultados foram positivos com incremento da produtividade da soja de 12%.

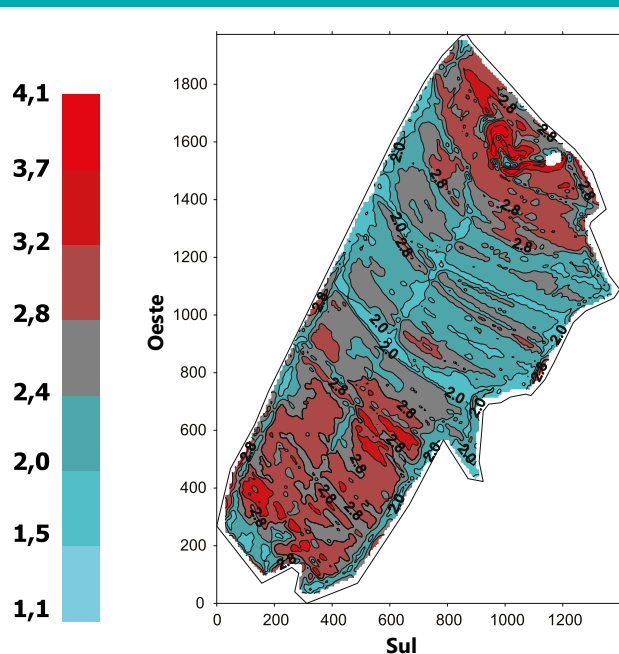


Figura 7. Mapa temático de produtividade de soja na área Schmidt na safra 2001/02. Fonte: Projeto Aquarius.

Os resultados obtidos, tanto na racionalização do uso de insumos quanto no incremento de produtividade, foram expressivos e estimularam a continuidade do Projeto Aquarius. Em ambas as áreas procurava-se ter o ciclo completo da Agricultura de Precisão: diagnóstico (amostragem de solo), intervenções sítio-específicas (taxa variada de fertilizantes) e avaliação das intervenções através do acompanhamento georreferenciado do desenvolvimento das plantas e do mapa de colheita.

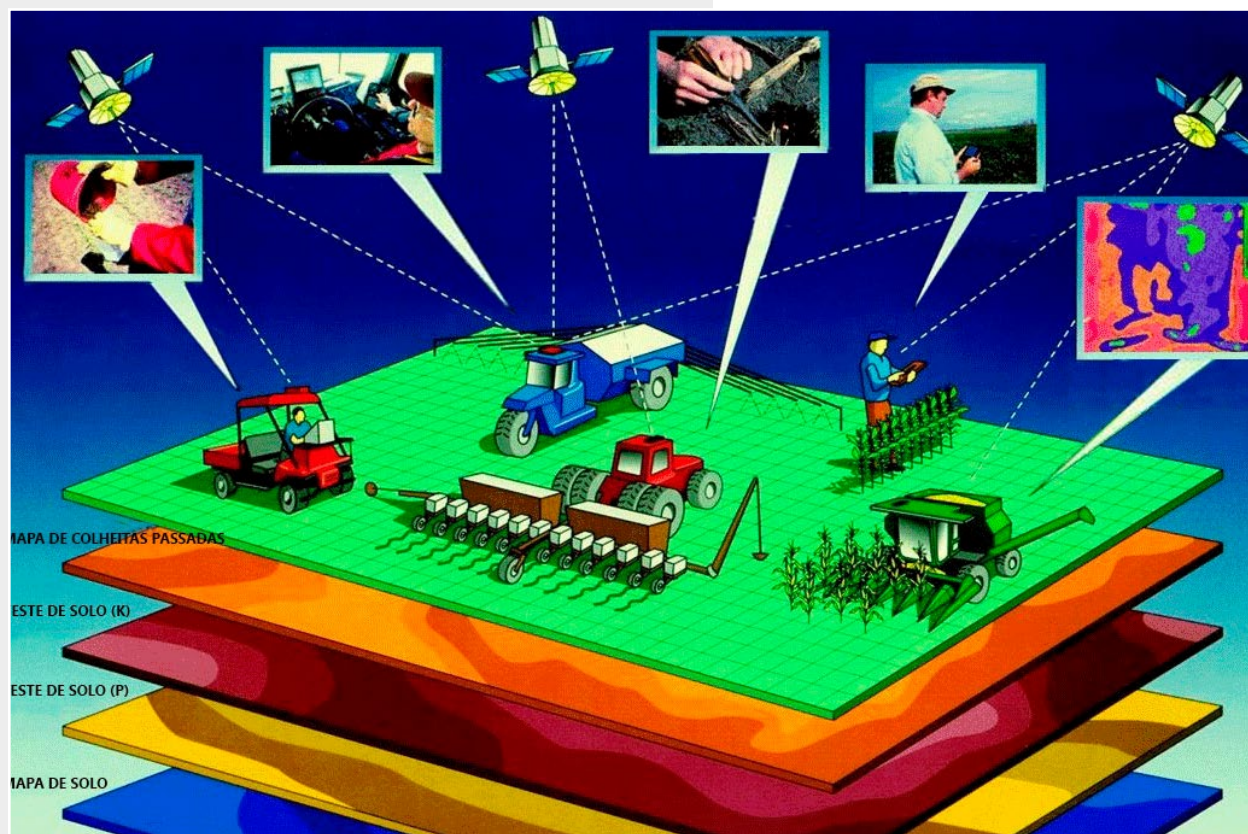
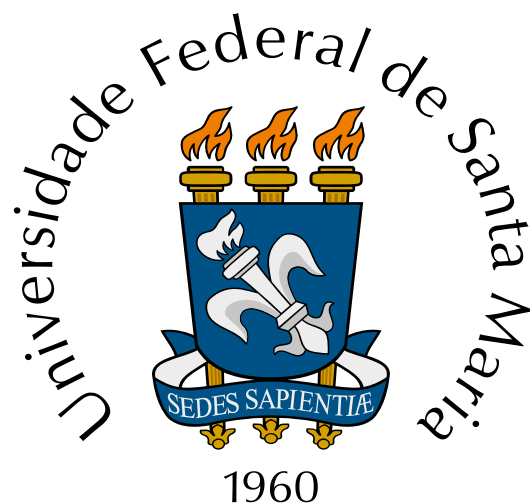


Figura 8. Propriedade agrícola com fertilização seguindo os princípios da Agricultura de Precisão. Fonte: Spatially New York.

Em 2003 o programa computacional CR Campeiro, da UFSM, introduziu novas funções para Agricultura de Precisão. Neste período, os programas computacionais para Agricultura de Precisão eram desenvolvidos principalmente nos Estados Unidos, Europa, Austrália e Nova Zelândia, logo, os manuais dos controladores e equipamentos eram em inglês. Este fato representava mais uma barreira a ser superada para a adaptação da Agricultura de Precisão às condições brasileiras.



Em 2003 houve a entrada da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) no Projeto Aquarius, participando de três áreas de pesquisa: a) mecanização agrícola, coordenado pelo professor José Fernando Schlosser e o NEMA (Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas) b) geomática, coordenado pelo professor Enio Giotto responsável pelo programa computacional CR Campeiro; c) manejo do solo, coordenado pelo professor Telmo Amado. Neste mesmo ano houve a primeira participação do Projeto Aquarius na Expodireto Cotrijal, com a apresentação dos resultados dos dois primeiros anos de condução do Projeto.



Figura 9. Participação do Projeto Aquarius na Expodireto Cotrijal de forma contínua e ininterrupta desde o ano de 2003.
Fonte: Projeto Aquarius.

As amostragens de solo passaram a ser feitas com um ponto por hectare, na profundidade de 0-0,15 m, com teores críticos de Fósforo = 15 mg/dm, Potássio = 160 mg/dm, pH H₂O = 6,0, saturação de bases = 70% e Alumínio próximo a 0. Os valores utilizados para a elevação dos teores foram de 3 a 5 kg de K₂O para 1 ppm de Potássio no solo e de 8 a 10 kg de P₂O₅ para 1 ppm de Fósforo, disponível (Mehlich I). Ainda, a amostra de solo composta em cada ponto era formada 6 a 8 subamostras coletadas em um raio de 3 a 6 m em torno do ponto central. Os valores de teores críticos adotados eram superiores aos propostos pela comissão de química e fertilidade do solo (CQFS/RS), fato justificado pelo objetivo de buscar elevados tetos produtivos ajustados ao material genético utilizado. Porém, as principais modificações foram a intensidade de amostragem (1 ponto ha⁻¹) visando representar a variabilidade espacial e a profundidade de amostragem que passou a ser 0-0,15 m visando representar melhor a necessidade de calagem da área.

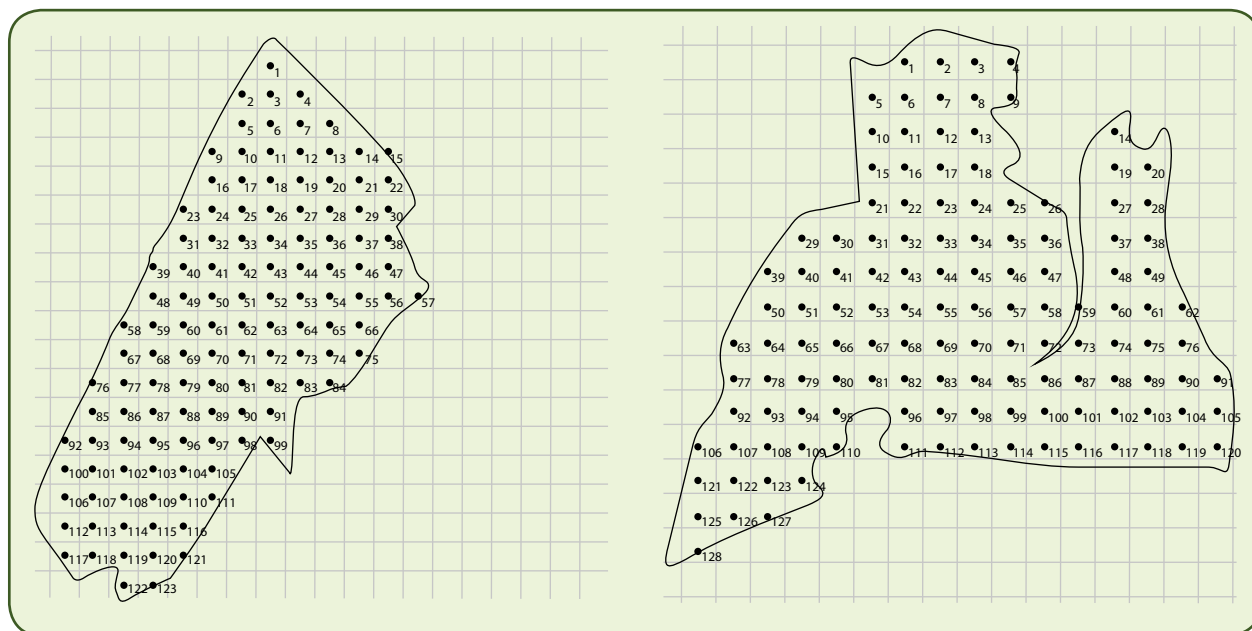


Figura 10. Malhas amostrais com densidade de 1 ponto/ha na profundidade de 0-0,15 m utilizada no Projeto Aquarius a partir de 2003. Não-Me-Toque/RS. Fonte: Projeto Aquarius.

Com a geração de mapas temáticos com maior resolução espacial foi possível constatar a ocorrência de uma zona de baixa produtividade das culturas de grãos, coincidente com uma zona onde o teor de Fósforo no solo era abaixo do crítico, situado na posição norte do mapa temático. Além disso, observou-se que as áreas com menores teores de Fósforo eram as que apresentavam maior teor de argila. Constatou-se que as áreas não eram uniformes quanto a textura e que incrementos de 10 pontos percentuais no teor de argila influenciavam muito os atributos químicos e também os físicos, como armazenagem de água e a ocorrência de compactação. Também observou-se nos mapas de colheita que a concentração de áreas com baixa produtividade ocorriam principalmente na bordadura das áreas, ou seja, locais de manobras e tráfego intenso das máquinas agrícolas.

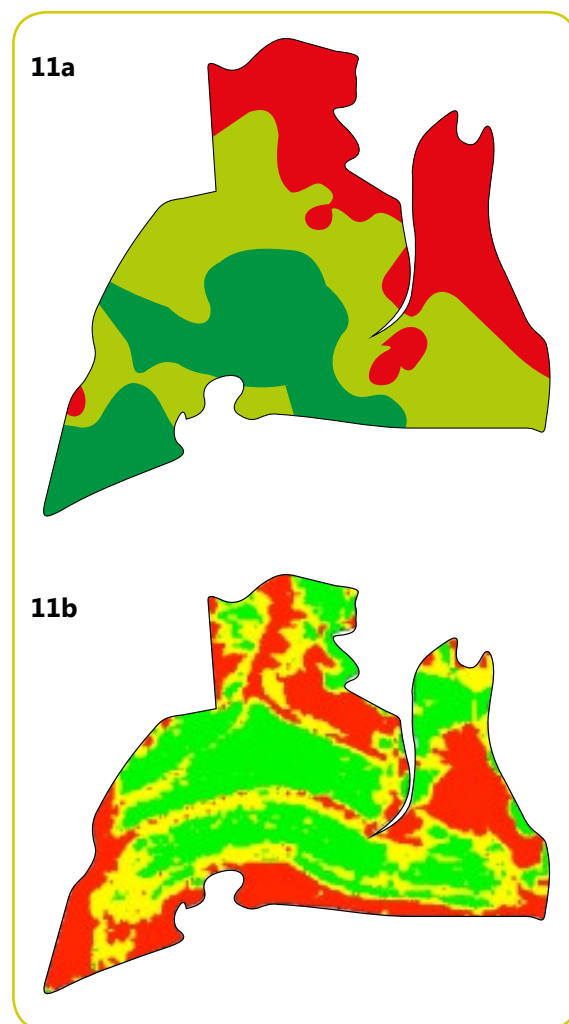


Figura 11. Mapa de teor de Fósforo no solo (Mehlich-I) e mapa de produtividade de soja na área da Lagoa. A cor vermelha representa baixo teor de Fósforo (11a) e baixa produtividade (11b). Fonte: Projeto Aquarius.

A percepção de que havia maior uniformidade nas lavouras após a aplicação da taxa variada de fertilizantes era reportada pela grande maioria dos agricultores usuários desta tecnologia. Neste período, havia uma tendência de redução do espaçamento entre fileiras da cultura do milho, que tendia a se aproximar do espaçamento utilizado na cultura da soja. Este fato favoreceu a eficiência da fertilização a lanço em culturas anuais. A recomendação inicial era realizar a correção do solo com fertilização à taxa variada a lanço e a manutenção à taxa fixa na linha, já que com a combinação das estratégias de fertilização se obtém uma maior eficiência. Neste processo, era muito importante observar a presença de uma elevada quantidade de resíduos na superfície do solo para minimizar o risco de perdas de nutrientes por enxurradas e a ausência de compactação do solo que dificultasse o desenvolvimento radicular. É importante destacar que este tipo de fertilização foi realizada em condições de plantio direto consolidado, com teores de fertilidade média e alta, e com ausência de acidez na camada superficial. De qualquer forma, foi surpreendente para muitos produtores os recordes de produtividade alcançados com as estratégias de fertilização. Aparentemente, estes resultados foram associados à redução da dose de fertilizante aplicado na linha de semeadura, especialmente a de Potássio, e a melhor distribuição horizontal dos fertilizantes, além do ajuste da dose a condição da fertilidade sítio-específico.

Em 2004 foi realizada a primeira edição do ConBAP, Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, em São Paulo, aonde foram discutidas diversas formas de adoção de técnicas de Agricultura de Precisão.

Em 2005 foi realizada no Projeto Aquarius a fertilização com base no mapa de colheita (primeira taxa variada plena). Esta estratégia da fertilização tem como base a reposição de nutrientes que foram exportados via colheita. Para minimizar o efeito da variabilidade temporal, a recomendação era que fosse feita com base em um conjunto de três mapas de colheita. A utilização da taxa variada plena era possível pela compatibilidade do mapa de colheita com o de prescrição de fertilizantes.



Figura 12. Distribuidor Twister utilizado para fertilização à taxa variada em 2005. Fonte: Stara.

Aplicação de fertilizantes com base no mapa de colheita

Área da Schmidt 124 ha

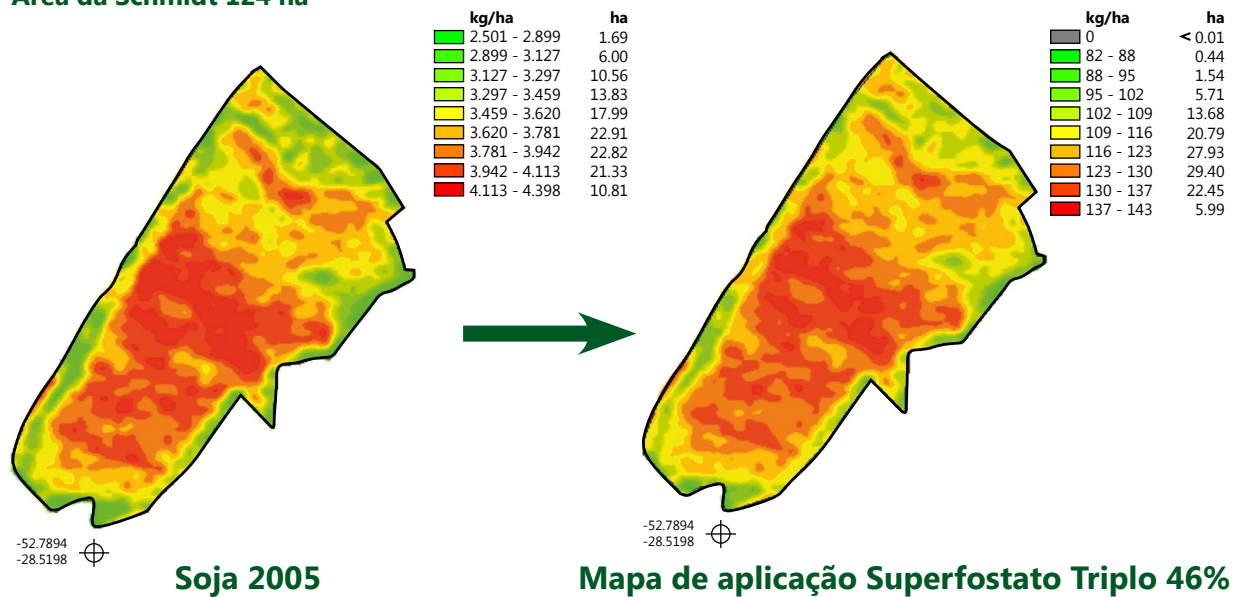
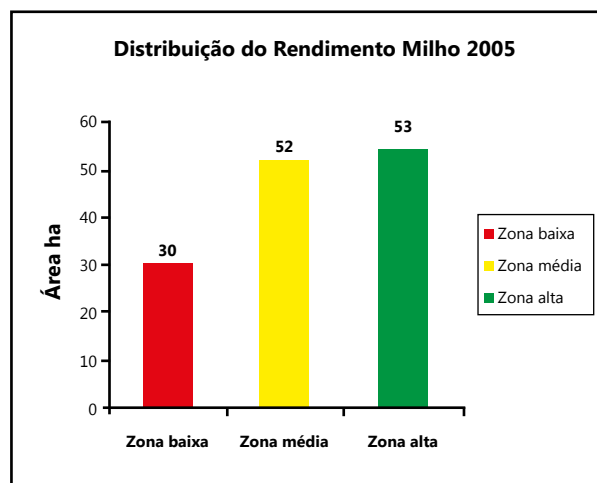
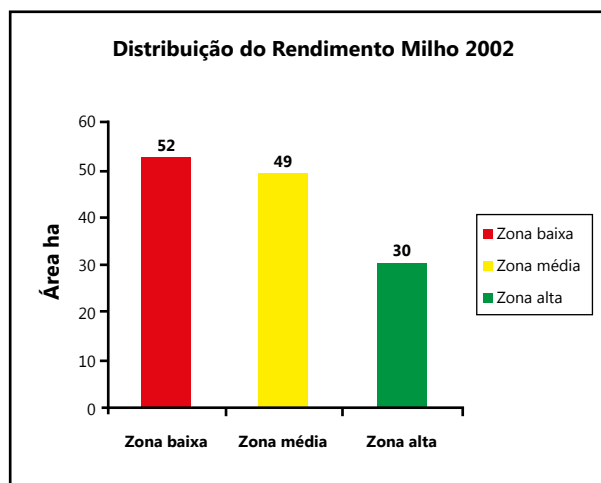


Figura 13. Mapa de colheita de soja safra 2005 e mapa de prescrição de fertilização com Superfosfato Triplo à taxa variada plena. Fonte: Dellamea, 2007 - Projeto Aquarius.

Para obter o resultado da fertilização à taxa variada, comparou-se a área de zonas de baixa, média e alta produtividade através do mapa de produtividade de 2002 e de 2005. Observou-se que a produtividade média do milho foi incrementada como resultado do decréscimo da área das zonas de baixa produtividade e o incremento das zonas de alta produtividade. Ainda, os limites inferiores das classes foram aumentados sugerindo que a produtividade da área foi incrementada como resultado do ajuste fino no manejo da fertilidade do solo. Quanto às chuvas, a precipitação em ambos os anos investigados foram favoráveis à produção agrícola, validando a comparação.



- **Zona baixa** < 90 sc/ha
- **Zona média** 90-100 sc/ha
- **Zona alta** > 100 sc/ha

- **Zona baixa** < 105 sc/ha
- **Zona média** 105-116 sc/ha
- **Zona alta** > 116 sc/ha

Figura 14. Distribuição de classes de produtividade de milho em 2002 (fase de implantação) e em 2005 (fase de consolidação) na área da Lagoa (132 ha). Não-Me-Toque/RS. Fonte: Projeto Aquarius.



Em 2005 o Projeto Aquarius foi marcado pela entrada da Cotrijal. O Projeto foi então expandido para 12 municípios, agregando 12 novas áreas as duas áreas pioneiras, onde as intervenções de amostragem de solo intensa foram replicadas, bem como a geração de mapas temáticos, aplicação à taxa variada de fertilizantes e geração de mapas de colheita para avaliar o grau de acerto das intervenções. A estratégia utilizada foi escolher um talhão em cada uma das propriedades para ser manejado com as ferramentas da Agricultura de Precisão e o restante da propriedade foi manejada da forma tradicio-

nal adotada pelo proprietário. Conforme a Figura 19, na média de 6 propriedades com o manejo de Agricultura de Precisão houve um incremento médio de 9% na produtividade das culturas da soja e milho. Este valor foi semelhante ao obtido nas áreas pioneiras do Projeto Aquarius. Muitas propriedades que participaram do Projeto Aquarius expandiram o uso da Agricultura de Precisão para a área total da propriedade. A expansão do Projeto comprovou que a Agricultura de Precisão era viável para diferentes tamanhos de propriedades, tipos de manejo, solo, clima e nível gerencial.

Município	Produtor	Área (ha)	Número de pontos amostrais
Não-Me-Toque	Nei César Mânica	38,6	38
Saldanha Marinho	Sérgio Limberger	45,2	45
Vista Alegre	Juliano Michelini	21,9	20
Colorado	Inês Maria Manfrin Vian	52,5	52
Lagoa dos Três Cantos	Gilberto Maldaner	26,8	23
Victor Graeff	Valdir e Volnei Koeche	50,6	50
Tio Hugo	Luiz C. e Paulo R. Marquetti	28	24
Passo Fundo	Arcival Vieira Mello	30,6	26
Almirante Tamandaré do Sul	Luciano Graeff de Mattos	28,7	27
Carazinho	Mário Elly	64,8	61
Santo Antônio do Planalto	Jairo Marcos Kohlrausch	49,2	47
Nicolau Vergueiro	Felipe e João Pedro S. Tagliari	34,8	33
TOTAL		471,7	446

Figura 15. Produtores da Cotrijal que adotaram o manejo do Projeto Aquarius em suas áreas. Fonte: Cotrijal.



Figura 16. Produtor Volnei Koeche nas operações em sua propriedade em Victor Graeff/RS. Fonte: Projeto Aquarius.



Em 2006, a Stara criou um centro de treinamento em Agricultura de Precisão. Desde a sua inauguração, o centro já formou mais de 350 turmas, beneficiando cerca de 7.000 pessoas. A capacitação abrange técnicos, representantes comerciais e produtores rurais.



Figura 17. Pós-graduandos do mestrado profissional em Agricultura de Precisão (UFSM) no Centro de Treinamento da Stara.
Fonte: Projeto Aquarius.



Figura 18. Aplicação de calcário à taxa variada com controlador Falcon 3500, em 2003. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 2007 foi lançado o Hércules com esteira de borracha, equipamento revolucionário na fertilização à taxa variada no Brasil, possibilitando fazer a taxa variada plena. Este equipamento possibilitou um elevado rendimento operacional com distribuição de fertilizantes sólidos em uma faixa de aplicação que variava de 8 a 36m. Uma vez regulado e em condições climáticas sem a presença de vento, obteve-se uma elevada qualidade na distribuição horizontal dos produtos. Neste ano, também foi aplicado calcário a dose variada nas áreas do Projeto Aquarius. Observou-se que a calagem a dose variada apresentava um elevado retorno econômico em relação a dose uniforme, uma vez que a amplitude entre doses era na ordem de 0 a 4,0 t/ha.

O controlador da Stara Falcon 3500 possuía guia DGPS e foi muito usado para aplicações de fertilizantes e corretivos à taxa variada, gerando mapa de rastreabilidade da aplicação.



Figura 19. Incremento de 9% na produtividade média de seis propriedades dos agricultores associados à Cotrijal. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 2007, através de reamostragens de solo e do mapa de produtividade nas áreas pioneiras foi comprovado que as intervenções à taxa variada de fertilizantes foram eficientes em reduzir a variabilidade espacial de atributos químicos e em incrementar a produtividade e a rentabilidade econômica. A amostragem de solo para acompanhar a evolução da fertilidade foi realizada a cada dois anos. A racionalização do uso dos fertilizantes propiciou a redução da quantidade de insumos em áreas que já apresentavam teores acima do crítico, contribuindo para minimizar o impacto ambiental. Assim, na área da Lagoa, uma das pioneiras em Agricultura de Precisão, após 4 aplicações à taxa variada não haviam mais pontos amostrais com teores abaixo do crítico, caracterizando a correção dos teores de Fósforo para níveis iguais ou acima das recomendações.

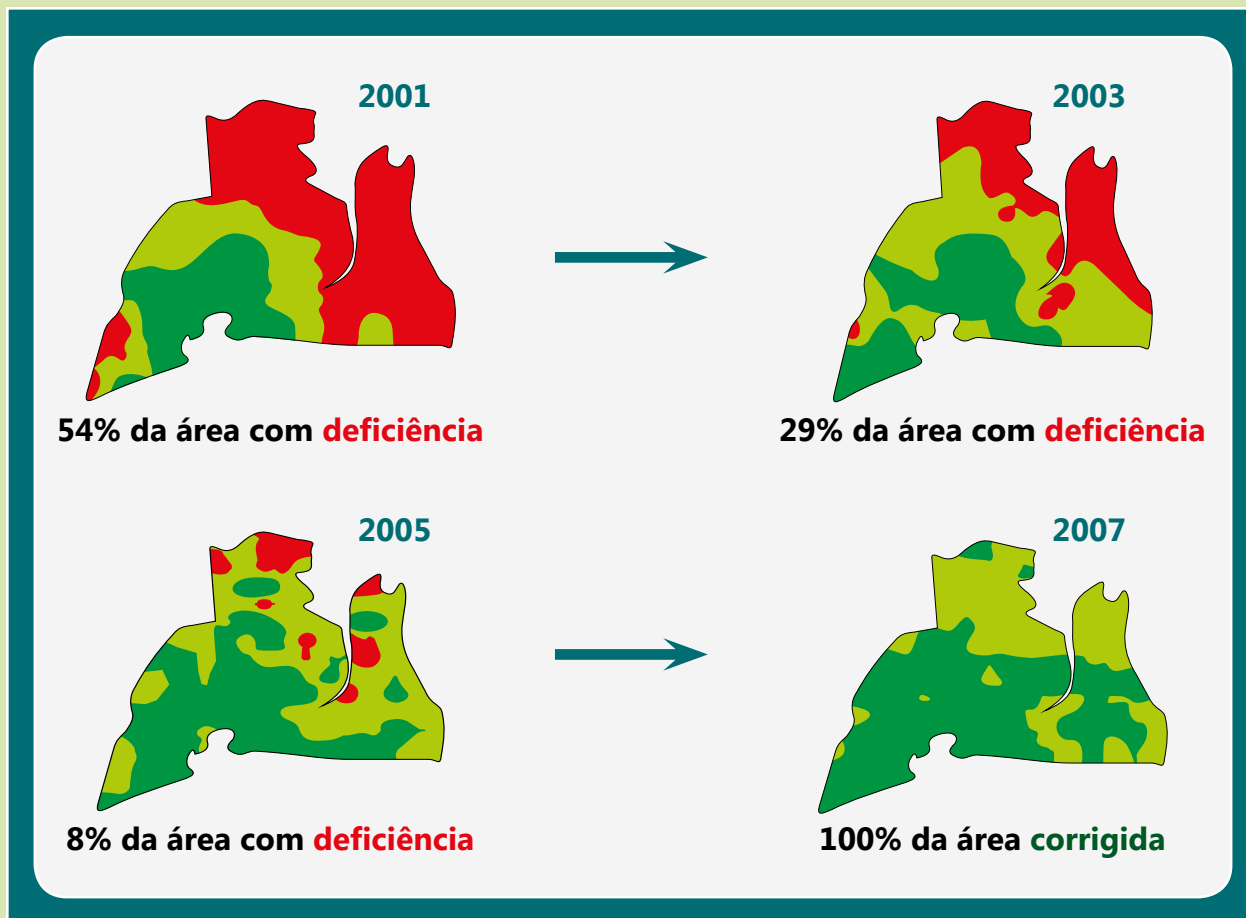


Figura 20. Correção dos teores de Fósforo na área da Lagoa (132 ha) através da amostragem georreferenciada e repetida a cada dois anos, comprovou a eficiência da taxa variada com base em mapa de atributos químicos utilizando malha de 1 ponto/ha. A cor vermelha representa baixos teores de Fósforo e a cor verde altos teores. Fonte: Projeto Aquarius.

A utilização da taxa variada de fertilizantes no manejo avançado da fertilidade do solo possibilita trazer todos os pontos amostrais da área para uma faixa considerada como ideal. No caso do Projeto Aquarius foi estabelecido que a faixa ideal para o Fósforo seria entre 15 a 30 ppm. Já a de Potássio seria de 150 a 300 ppm e o pH de 5,5 a 6,5. A saturação de bases deveria estar entre 70 a 80%, com participação de 45 a 65% de Cálcio, 12 a 15% de Magnésio e 3 a 5% de Potássio. O teor de matéria orgânica deveria ser de 3 a 5%. Na figura 21 observa-se que na propriedade do produtor Jairo Kohlrausch foi possível trazer a grande maioria dos pontos amostrais para a faixa de Fósforo considerada como ideal.

Taxa Variada de Fósforo

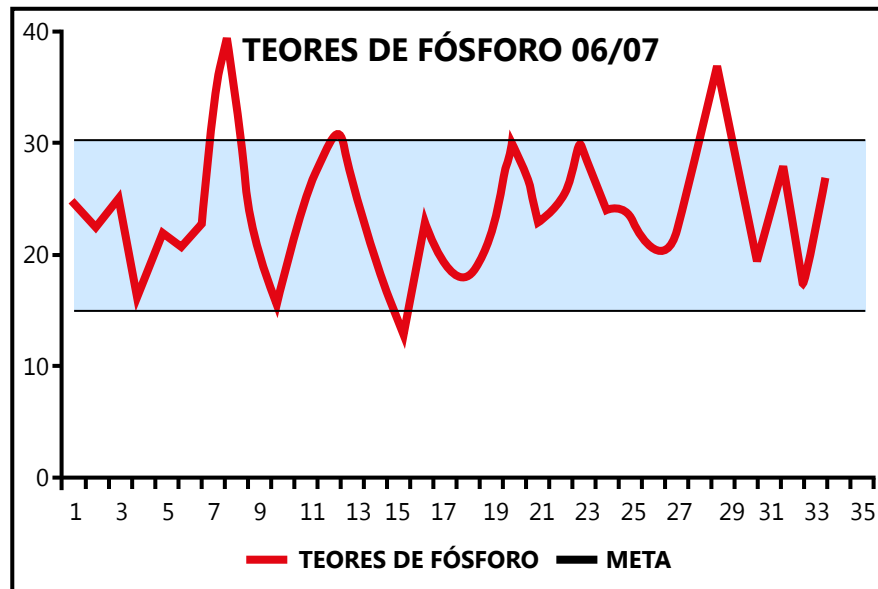
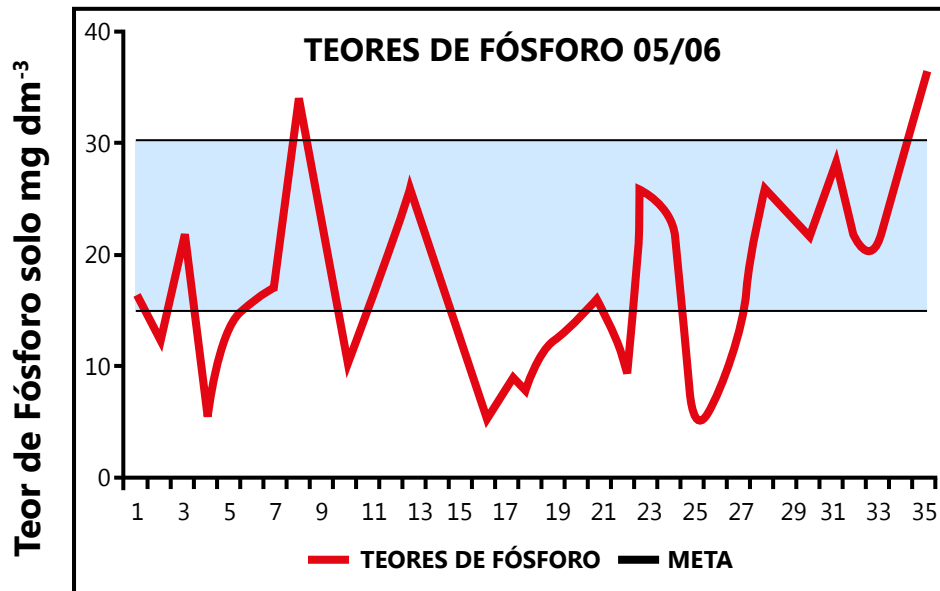
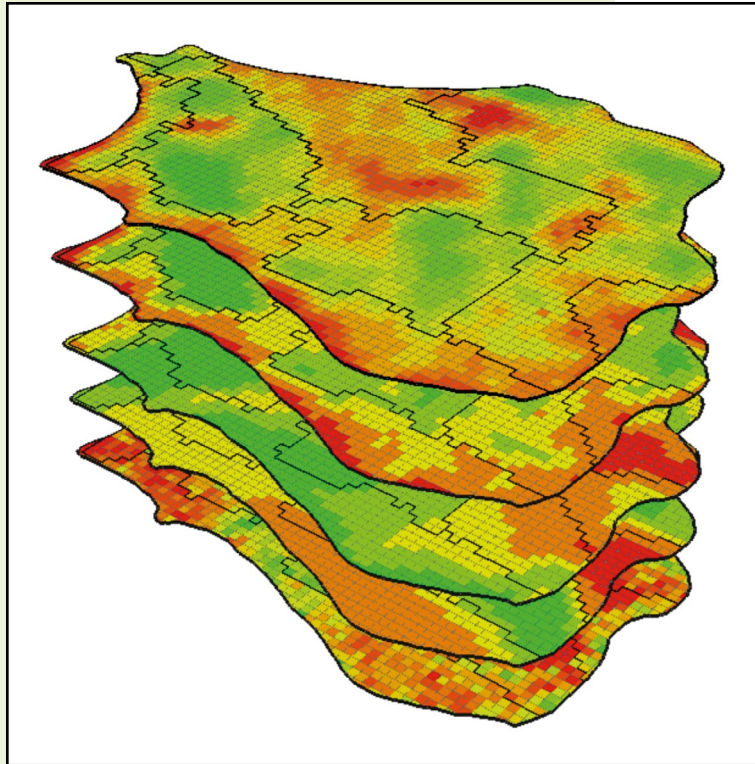


Figura 21. Evolução dos teores de Fósforo na propriedade do produtor Jairo Kohlrausch, cada ponto representa 1 ha. Santo Antônio do Planalto/RS.
Fonte: Projeto Aquarius.



Em 2007 as recomendações de fertilizantes à taxa variada plena foram baseadas na sobreposição de mapas temáticos (Figura 22). Neste caso, foram sobrepostos mapas de produtividade, mapas de atributos químicos e mapas de textura do solo.

Figura 22. Sobreposição de mapas de atributos de solo e de colheita para definição da taxa variada de fertilizantes.
Fonte: Projeto Aquarius.

Com o incremento de fatores a serem considerados quando da fertilização houve uma evolução na prescrição dos insumos a dose variada. Na Figura 23 é apresentada uma fórmula de prescrição que considerou o teor de argila, o teor de Fósforo no solo e a produtividade de soja na safra anterior. Desta forma, aqueles locais em que produziram mais na safra anterior teriam a reposição dos nutrientes exportados.

Figura 23. Fórmula utilizada para prescrição da fertilização de Fósforo utilizando três camadas de informações (mapa de textura, mapa de teor de Fósforo e mapa de colheita).
Fonte: Projeto Aquarius.

```

* Valores de argila maiores que 60%
if (Argila = 60) then
  if (P_Mehlich1 <= 2) then
    apply ( ( 150 ) + soja03 / 1000 * 11 )
  elseif ( P_Mehlich1 <= 4 ) then
    apply ( ( 120 ) + soja03 / 1000 * 11 )
  elseif ( P_Mehlich1 <= 6 ) then
    apply ( ( 90 ) + soja03 / 1000 * 11 )
  elseif ( P_Mehlich1 <= 9 ) then
    apply ( ( 60 ) + soja03 / 1000 * 11 )
  elseif ( P_Mehlich1 <= 15 ) then
    apply ( ( 30 ) + soja03 / 1000 * 11 )
  else
    apply ( ( 0 ) + soja03 / 1000 * 11 )
endif
* Valores de argila maiores que 40%
elseif ( Argila ) >= 40 ) then
  if ( P_Mehlich1 <= 3 ) then
    apply ( ( 150 ) + soja03 / 1000 * 11 )
  elseif ( P_Mehlich1 <= 6 ) then
    apply ( ( 120 ) + soja03 / 1000 * 11 )

```

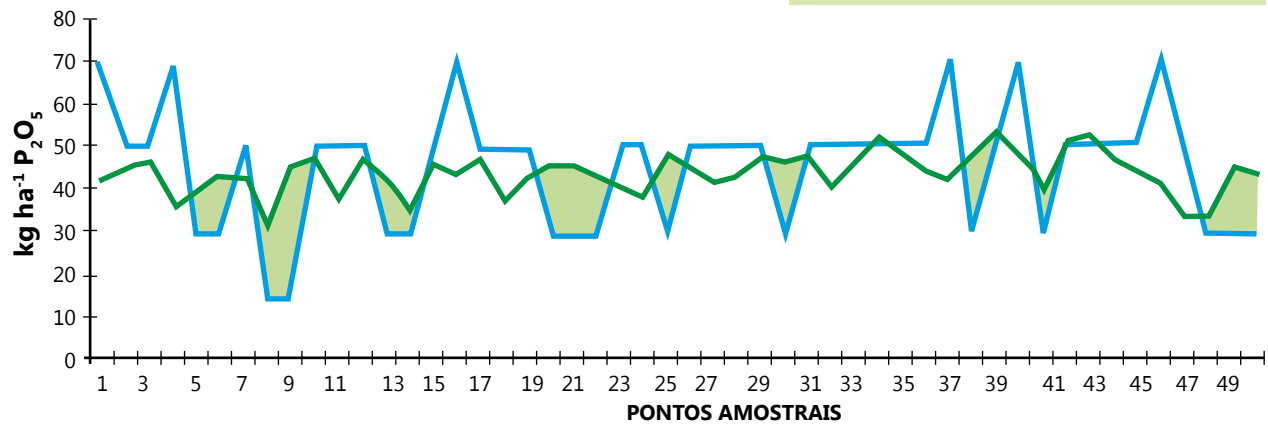


Figura 24. Representação da exportação de Fósforo (linha verde) e da fertilização (linha azul) em cada hectare em uma área de Agricultura de Precisão.
 Fonte: Projeto Aquarius.

Um dos objetivos do manejo avançado é proporcionar uma fertilização equilibrada, ou seja, a quantidade de nutrientes que é exportada deve ser compensada pelo aporte via fertilizantes. Na Figura 24 a linha azul representa a fertilização aportada em cada hectare, obtida com o mapa de rastreabilidade da operação de fertilização, e a linha verde representa a quantidade exportada via colheita, obtida com o mapa de rendimento. Este exemplo ilustra como as ferramentas da Agricultura de Precisão permitem o acompanhamento detalhado da evolução da fertilidade do solo.



Prefeitura Municipal
NÃO-ME-TOQUE

Não-Me-Toque Capital da Agricultura de Precisão

PROJETO
Aquarius
AGRICULTURA DE PRECISÃO



Figura 25. Diretores da Stara recebem homenagem pelo título de Capital da Agricultura de Precisão a Não-Me-Toque/RS. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 2007, o poder legislativo de Não-Me-Toque concedeu à Universidade Federal de Santa Maria uma homenagem ao Projeto Aquarius pelos trabalhos de pesquisa de Agricultura de Precisão gerados em prol do município.

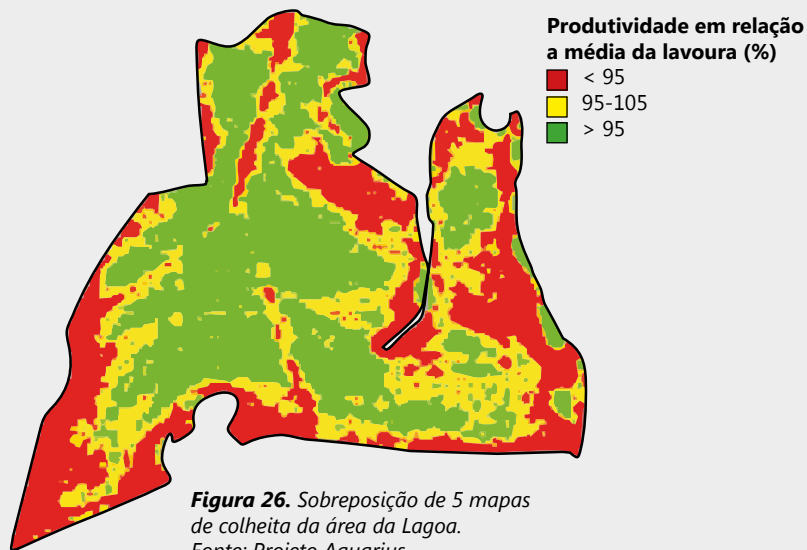
Em 2007 foi criada a Lei Municipal e, posteriormente, Estadual estabelecendo Não-Me-Toque, sede do Projeto Aquarius, como a Capital da Agricultura de Precisão.

Também em 2007 foi criado o Projeto Ciclus na Cotrijal, visando consolidar a Agricultura de Precisão na área de abrangência da cooperativa. No mesmo ano, foi criado o APCoop visando difundir a Agricultura de Precisão junto as cooperativas.



O Ciclus é um programa de agricultura de informações que visa identificar, analisar e intervir na variabilidade das lavouras. A identificação das causas da variabilidade da lavoura é iniciada pela análise criteriosa de um conjunto de informações que darão subsídios a intervenção, que por sua vez chega ao produtor através das recomendações de manejo propostas pelos profissionais do departamento técnico da Cotrijal.

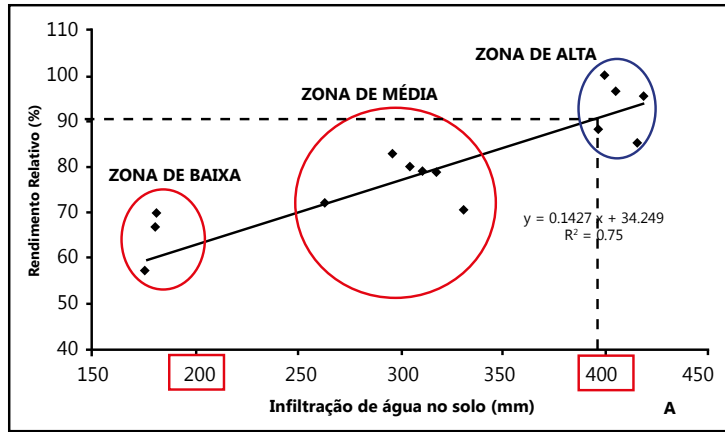
Após corrigir os atributos químicos, a atenção da equipe do Projeto Aquarius recaiu sobre os atributos físicos buscando estabelecer relações de causa-efeito nas áreas trabalhadas.



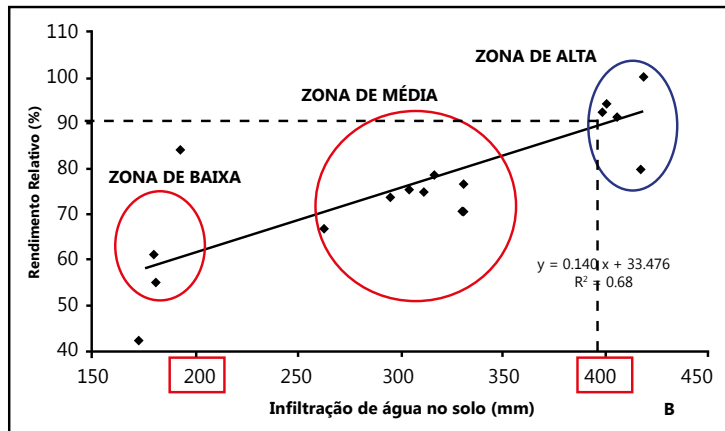
Na tese de doutorado de Antônio Luis Santi foi apresentada a relação da qualidade de atributos físicos do solo com o mapa de produtividade. Neste estudo foi levantado que a baixa produtividade de grãos estava associada a limitada taxa de infiltração e, conseqüentemente, da armazenagem de água no solo. A estratégia utilizada foi acumular mapas de produtividade a fim de contemplar a variabilidade temporal e identificar um padrão de comportamento temporal das culturas na área. A partir de então, procurou-se caracterizar a qualidade física do solo em zonas que apresentavam o mesmo comportamento ao longo do tempo.



Figura 27. Caracterização de atributos físicos do solo seguindo zonas de produtividade com mesmo padrão de comportamento temporal definido com base na sobreposição de mapas de colheita.
Fonte: Santi, 2006 - Projeto Aquarius.



CULTURA DA SOJA
(Dados acumulados de 3 safras)



CULTURA DO MILHO
(Dados acumulados de 2 safras)

Figura 28. Relações da qualidade físico-hídrica do solo com a produtividade das culturas da soja e milho.
Fonte: Santi, 2006 - Projeto Aquarius.

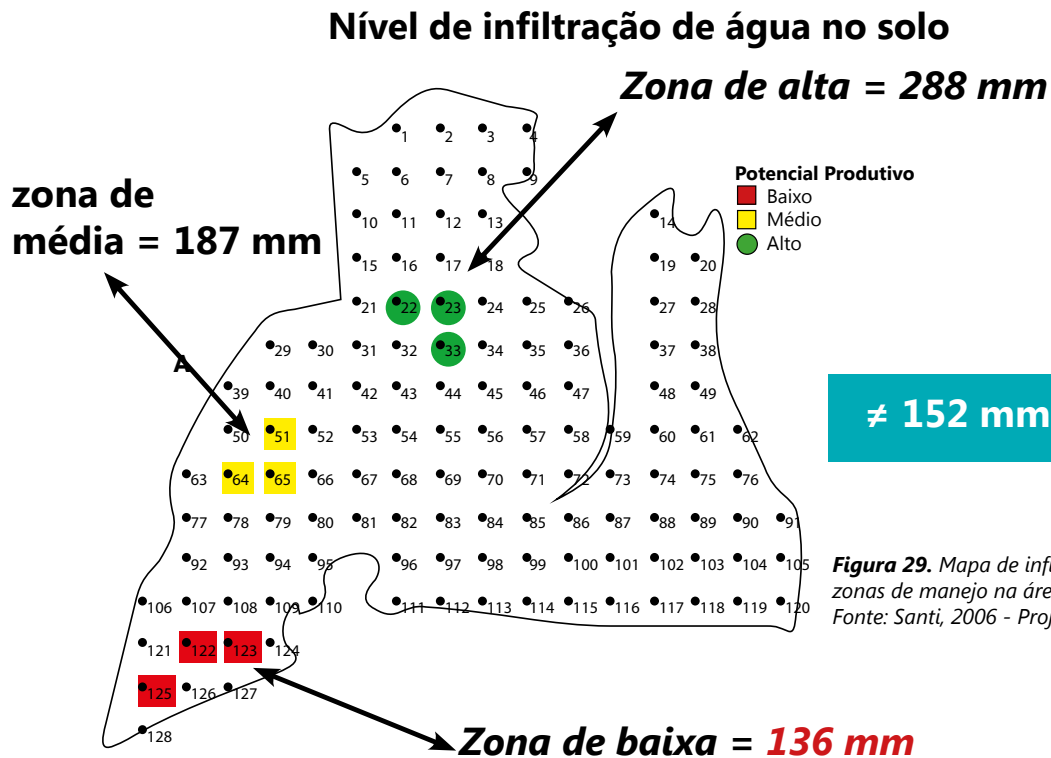


Figura 29. Mapa de infiltração de água conforme zonas de manejo na área da Lagoa.
Fonte: Santi, 2006 - Projeto Aquarius.

Em 2008 a melhoria da qualidade biológica do solo também contemplou a área da Lagoa. Para tanto, com o mapa temático de produtividade de 5 safras identificou-se uma zona que seria prioritária para a intervenção sítio-específica com a adubação orgânica (cama de aviário) como alternativa de estímulo a atividade biológica. Nestas áreas havia histórico de erosões pré-terras que ocasionaram a redução da espessura do horizonte superficial do solo e de mobilização do solo visando eliminar impedimentos a mecanização, tais como sulcos, buracos, tocas e formigueiros, além de serem áreas de manobras de máquinas agrícolas.

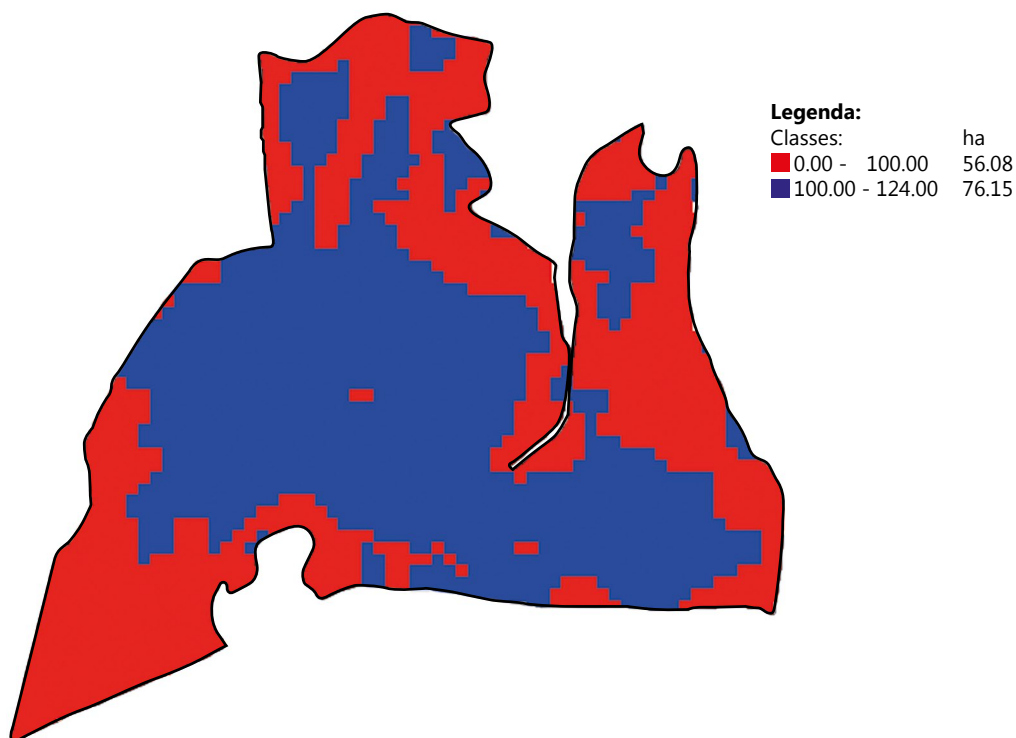


Figura 30. Mapa de prescrição da adubação orgânica (em vermelho) na área da Lagoa com base na sobreposição de mapas de colheita de cinco safras. Fonte: Projeto Aquarius.



Figura 31. O Fox é o primeiro escarificador para plantio direto utilizado no Brasil. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 2008, a Stara levou ao mercado o escarificador Fox, equipamento utilizado para a descompactação do solo em áreas de plantio direto. Em muitas lavouras, além do manejo avançado da fertilidade, se faz necessário realizar intervenções quanto a descompactação do solo visando o incremento da eficiência do uso da água e o controle da enxurrada. Neste caso, utilizando o Topper 4500 pode-se, através do mapa de colheita, identificar zonas de baixa produtividade, prospectar nestas se existe compactação e, em caso positivo, realizar a intervenção com o escarificador.

Diferentemente dos outros equipamentos disponíveis no mercado para descompactação do solo, o Fox é ideal para escarificação, principalmente em áreas de plantio direto, diferenciando-se por realizar a descompactação em profundidade máxima de 26 cm, mantendo 70% da palhada na superfície do solo, proporcionando maior capacidade de armazenamento da água das chuvas, melhorando consideravelmente o ambiente para o desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, a produtividade.

Em 2008 o Laboratório de Agricultura de Precisão (LAP) foi oficializado pelo departamento de Engenharia da ESALQ (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz")/USP (Universidade de São Paulo).

Em 2009, devido a necessidade de divulgar as novas tecnologias e facilitar o acesso pelos produtores, técnicos e estudantes, foi criado o site do Projeto Aquarius (www.ufsm.br/projetoaquarius).

No mesmo ano, a Embrapa criou a rede de Agricultura de Precisão integrando 20 centros de pesquisa e 214 pesquisadores.

Em 2009, na propriedade de Volnei Koech foi realizada uma avaliação de resistência a penetração do solo, através do penetrômetro digital (4 pontos por hectare) e mapa de produtividade. Segundo GIRARDELLO (2009), essa avaliação reportou que o aumento da resistência à penetração resultou em decréscimo de produtividade de grãos.

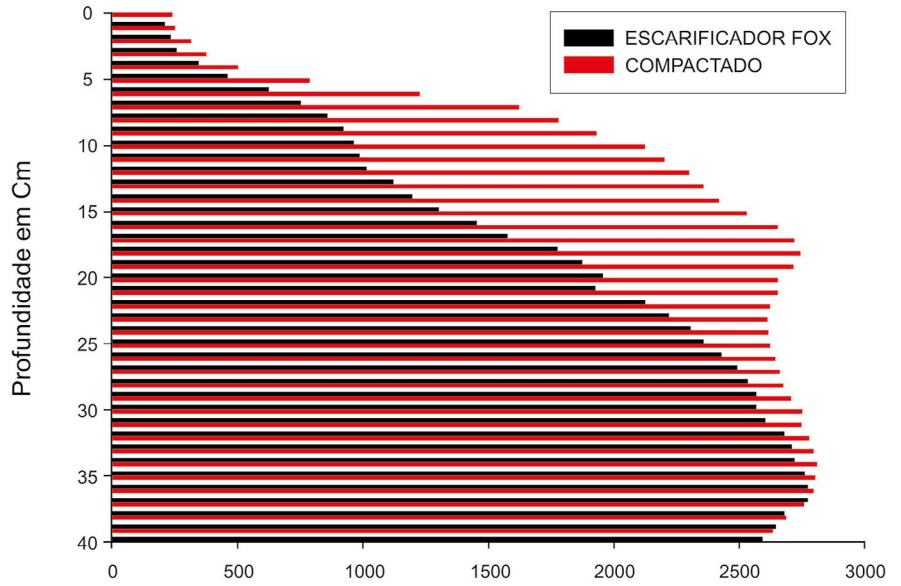


Figura 32. Efeito do escarificador Fox na taxa de infiltração, resistência a penetração e desenvolvimento radicular da soja. Fonte: Girardello, 2009 – Projeto Aquarius.

Vários experimentos utilizando o escarificador Fox foram conduzidos pela equipe do Projeto Aquarius. Este escarificador foi projetado para atuar no sistema de plantio direto mantendo uma elevada quantidade de palha na superfície, promovendo a limitada mobilização do solo e rompendo a camada compactada. Após a operação do escarificador houve um incremento na taxa de infiltração de água no solo e um decréscimo na resistência a penetração. Com isto, observou-se um maior desenvolvimento radicular da soja.

33a



33b



Figura 33a representando o desenvolvimento da soja na área compactada e **Figura 33b** representando o desenvolvimento radicular em uma área escarificada. Fonte: Projeto Aquarius.

O ramo de prestação de serviço em Agricultura de Precisão avançou rapidamente no Brasil. Para que um maior número de produtores fosse beneficiado existia a necessidade de equipamentos que pudessem migrar de uma área para outra e que apresentassem elevado rendimento operacional. Este tipo de equipamento, ilustrado na Figura 34, permitiu que os proprietários de pequenas áreas tivessem acesso à fertilização à taxa variada, através das cooperativas agrícolas.



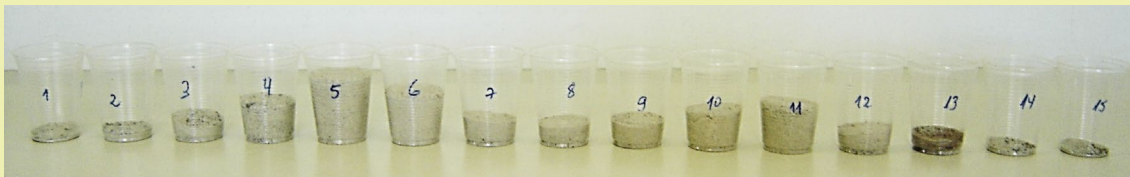
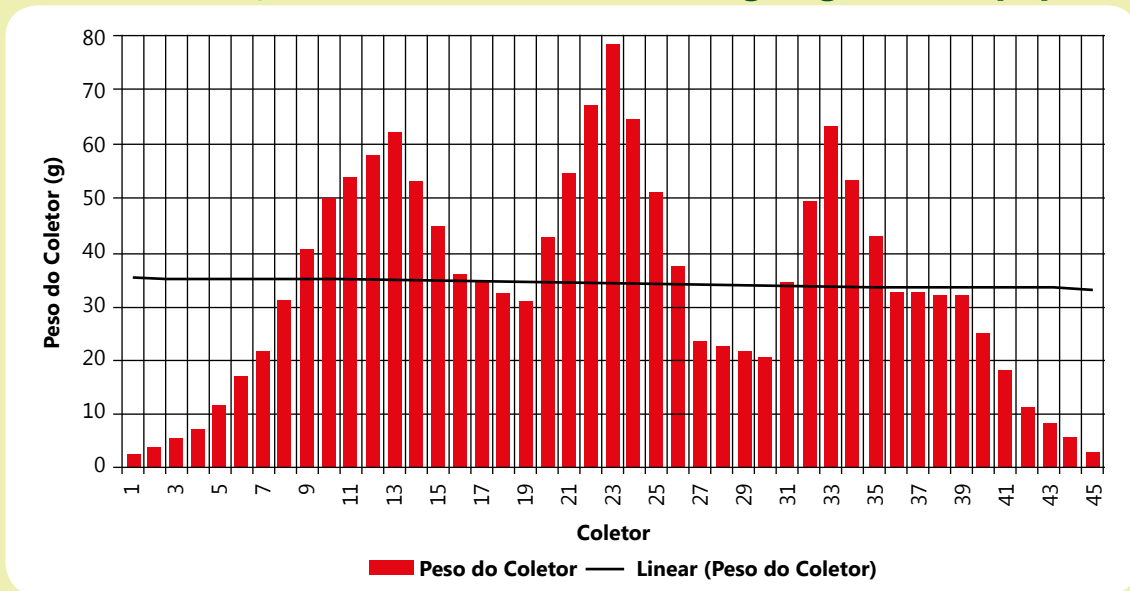
Figura 34. Aplicação de calcário realizada pela Cotrijal em produtores associados. Fonte: Cotrijal.

A aplicação a lanço de insumos em pó, como o calcário e o gesso, com a precisão requerida é um desafio para a Agricultura de Precisão. A ação do vento pode comprometer a distribuição espacial planejada. Como estes produtos tem importante efeito residual que podem perdurar por mais de cinco anos, erros de distribuição podem impactar o processo produtivo por longo prazo.

A equipe da Cotrijal fez uma avaliação da distribuição espacial de calcário onde ficou evidenciado que a calagem, quando da aplicação

em superfície e sem incorporação, exige atenção quanto a qualidade da distribuição horizontal. No sistema de preparo convencional, em que o produto é homogenizado por implementos em uma camada de solo, erros de distribuição, provavelmente são menos críticos. Já no sistema Plantio Direto, no qual o produto é distribuído superficialmente, a distribuição horizontal passa a ser crítica e exige equipamentos com alta tecnologia e precisão para garantir a eficiência, como os utilizados no Projeto Aquarius.

Perfil de distribuição de Calcário anterior a regulagem do equipamento



Perfil de distribuição de Calcário após a regulagem do equipamento

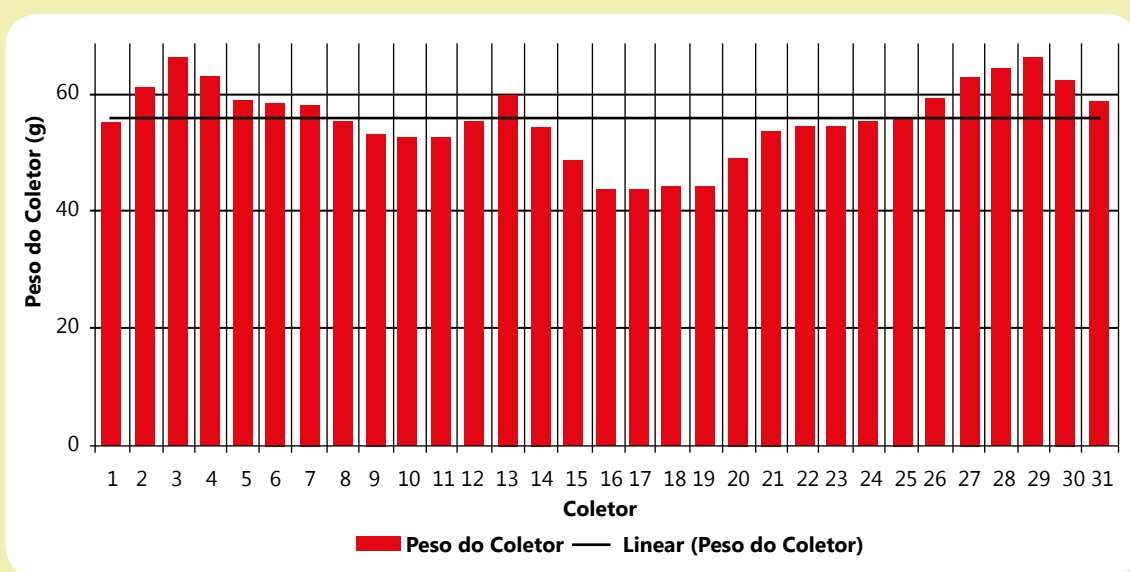


Figura 35. Perfil de distribuição de Calcário adotando os requisitos de Agricultura de Precisão.
Fonte: Cotrial - Projeto Ciclus

Para aprimorar a qualidade da distribuição de insumos com característica de pó, o distribuidor por gravidade Bruttus passou a ser recomendado no Projeto Aquarius, permitindo otimizar a aplicação, sem sofrer a interferência do vento.



Figura 36. Distribuidor Bruttus sendo utilizado, visando garantir a qualidade da distribuição de produtos em pó.
Fonte: Projeto Aquarius.



Em 2009 o ensino de pós-graduação em Agricultura de Precisão foi contemplado com a criação do mestrado profissional na UFSM com conceito 4 da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). O curso objetiva qualificar profissionais que já se encontram no mercado de trabalho e que buscam na Universidade uma oportunidade de aprimoramento e atualização. Até 2016, o mestrado beneficiou 111 profissionais.

Figura 37. Alunos do mestrado profissionalizante da UFSM no Centro de Treinamento Stara. Fonte: UFSM.



Figura 38. Governadora do estado em 2009, Yeda Crusius, concede homenagem a equipe do Projeto Aquarius. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 2009 foi sancionada a Lei Federal que denominou Não-Me-Toque, sede do Projeto Aquarius, como a capital nacional da Agricultura de Precisão. A escolha foi justificada por ser o município um local onde existe: indústria de máquinas agrícolas voltada a Agricultura de Precisão, pesquisa e desenvolvimento através do Projeto Aquarius, ensino através do curso técnico em Agricultura de Precisão, difusão das novas tecnologias junto aos produtores através do Projeto Ciclus da Cotrijal e do Centro de Treinamento da Stara, sede do APSUL América e apoio irrestrito do poder legislativo e da comunidade nãometoquense.



Knowledge grows

Em 2009 a empresa Yara Brasil Fertilizantes entrou no Projeto Aquarius proporcionando avanços na nutrição de plantas através do YaraBela®, linha de fertilizantes nitrogenados mais eficientes, à base de nitrato de amônio, e do sensor óptico ativo de cultura, Yara N-Sensor®. Este sensor é utilizado na Alemanha e Inglaterra há mais de 15 anos nas culturas do trigo, cevada, centeio, aveia e milho, nas quais proporcionou incremento da produtividade na ordem de 6%. O sensor estima o vigor das plantas com base na reflectância de ondas espectrais de comprimentos de 730 nm e 760 nm, o que

está altamente correlacionado com a quantidade de Nitrogênio absorvido pelas plantas. A partir disto, com base em um algoritmo exclusivo Yara, a dose de Nitrogênio a ser aplicada é prescrita em tempo real (on-the-go). Assim, evita-se o desperdício do nutriente resultando em maior eficiência no uso do Nitrogênio e menor impacto ambiental. O Yara N-Sensor® é o único sensor óptico ativo do mercado que realiza o diagnóstico do Nitrogênio, a recomendação do fertilizante e a aplicação à taxa variada em uma única operação.

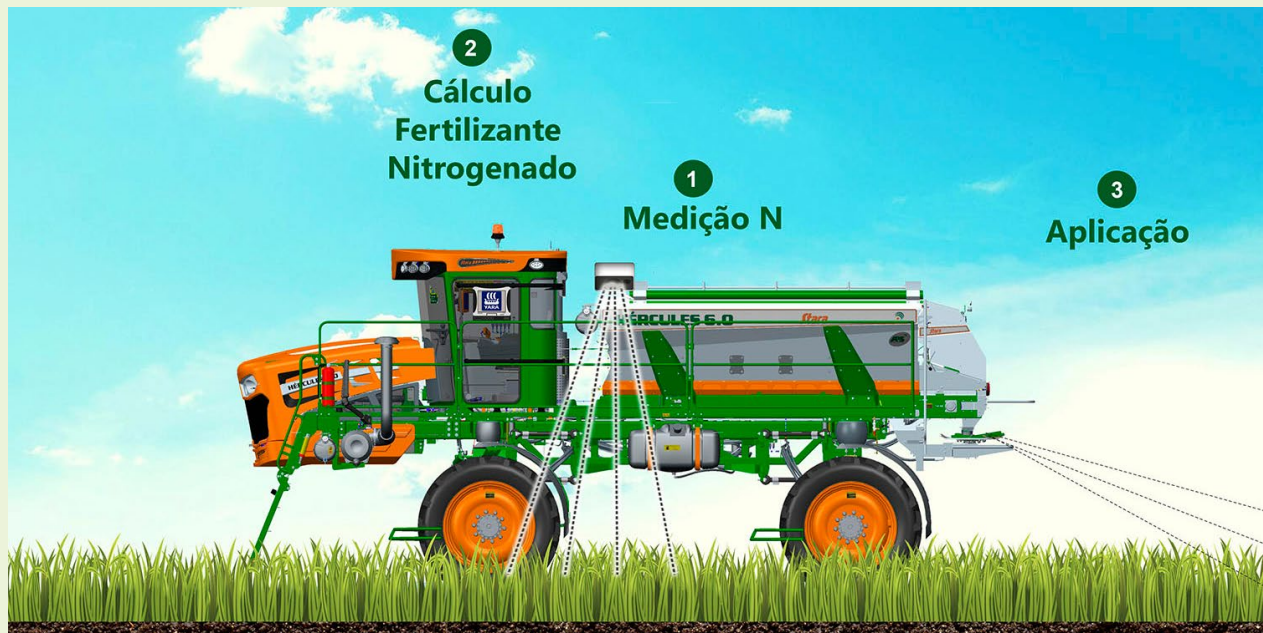


Figura 39. Fertilização nitrogenada com base em sensor de cultura no Projeto Aquarius. Fonte: Projeto Aquarius e Yara.

Na Europa, a fertilização nitrogenada baseada em sensor óptico na cultura do trigo é feita da seguinte forma: a primeira aplicação de cobertura em taxa fixa, as outras duas com o Yara N-Sensor®. No Brasil, podemos adaptar essa estratégia utilizando o Yara N-Sensor® numa única aplicação a partir do perfilhamento pleno, ou duas aplicações sendo a última na fase de enchimento de grãos para maior

concentração do Nitrogênio no estágio final da cultura para maior índice de proteína no produto final. A utilização do sensor coincide com uma produção de biomassa, na qual o sensor é eficiente em estimar o vigor das plantas, quando a demanda de Nitrogênio pelas plantas é elevada. Um exemplo de programa de fertilização nitrogenada na cultura do trigo é apresentado na Figura 40.

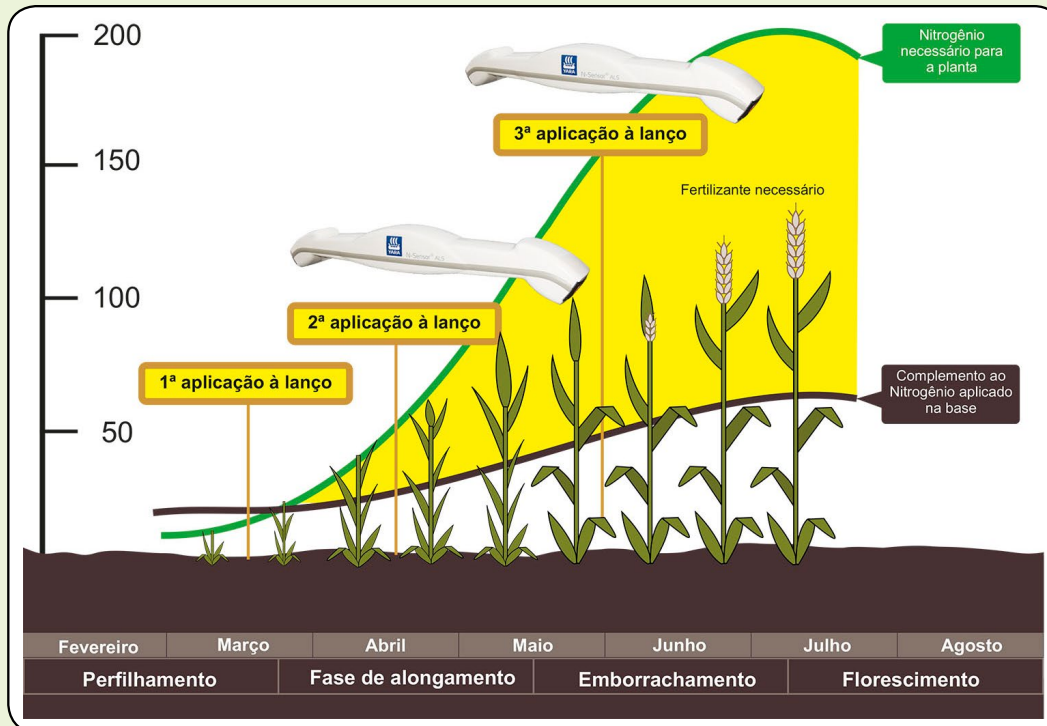


Figura 40. Exemplo de um programa de fertilização nitrogenada na cultura do trigo com utilização do Yara N-Sensor®. Fonte: Yara.

Representação da faixa de aplicação utilizando YaraBela®

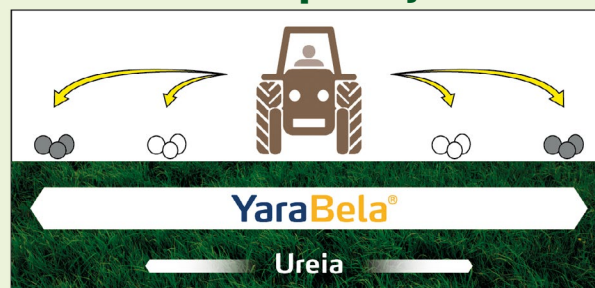


Figura 41. Características do fertilizante YaraBela® e largura de aplicação. Fonte: Yara.

A ótima qualidade física do fertilizante é essencial para melhor distribuição espacial da aplicação à lanço e maior rendimento operacional. O YaraBela® possui granulometria uniforme e alta densidade que permitem uma superior largura de aplicação em relação aos outros fertilizantes nitrogenados do mercado. Essa vantagem do YaraBela®

possibilita aplicar o Nitrogênio usando o mesmo rastro dos pulverizadores mais modernos para uso de tráfego controlado, resultando em menor efeito de compactação do solo e danos na lavoura (amasamento), redução dos custos e tempo de aplicação devido ao maior rendimento operacional.

YaraBela®

Fertilizante ideal para rendimento operacional e altas produtividades

- 27% Nitrogênio (50% na forma de nitrato + 50% na forma de amônio)
- 2% Mg ou 3,7% S (S na forma de sulfato, solúvel em água)
- 4 ou 5% Ca (de acordo com formulação)
- Granulometria uniforme: 3,4 a 3,6 mm de diâmetro
- Alta densidade dos grânulos: 1,01 a 1,05 kg/L



Figura 42. Pulverizador autopropelido Gladiador lançado pela Stara em 2009. Fonte: Stara

Em 2009 passou-se a utilizar no Projeto Aquarius as tecnologias do piloto automático com sistema DGPS possibilitando diminuir o erro de posicionamento das máquinas para apenas 5 centímetros. Impulsionados por esta tecnologia, houveram

avanços na aplicação de defensivos, sendo iniciados os trabalhos com a pulverização precisa com o autopropelido Gladiador com DGPS, desligamento automático de seções e piloto automático.



Figura 43. Aplicação de Nitrogênio à taxa variada em tempo real com YaraBela e Yara N-Sensor®. Fonte: Projeto Aquarius

Entre 2008 e 2010, três experimentos de fertilização nitrogenada com uso do YaraBela e do Yara N-Sensor® foram implementados na cultura do milho. Foi o início dos trabalhos com taxa variada de Nitrogênio, em tempo real.



Figura 44. Exemplo de um monitor com informação da dose de aplicação de Nitrogênio calculada através da leitura do Índice de Vigor de Biomassa (IVB), em tempo real, fornecida pelo Yara N-Sensor®, da Yara, em um dos experimentos do Projeto Aquarius. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 2010, a Stara lançou o projeto do monitor Topper 4500, controlador com tecnologia nacional capaz de gerenciar várias máquinas agrícolas e controlar várias operações em um só equipamento. Com isto, praticamente todas as intervenções nas áreas manejadas pelo Projeto Aquarius passaram a ser baseadas no manejo sítio-específico.



Figura 45. Equipamentos importados necessários para a realização da Agricultura de Precisão e ao lado a imagem que simboliza simplicidade da nacionalização da tecnologia com o Topper 4500.
Fonte: Projeto Aquarius.



Ensaios comparativos de produtividade com o uso do Yara N-Sensor®

MILHO			
Cruz Alta (2008/09)		Não-Me-Toque (2010/11)	
Dose	Produtividade	Dose	Produtividade
140TF	7932	140TF	13743
140TV	8571	140TV	14887
	+ 8,5%		+ 8,32%

*TF: Taxa Fixa

*TV: Taxa variada com N-Sensor®

Figura 46. Comparativo entre formas de fertilização nitrogenada.
Fonte: Projeto Aquarius.

Os experimentos com Yara N-Sensor® na cultura do milho indicaram que, em média, a produtividade aumentou 8,4% em relação aos tratamentos em taxa fixa de Nitrogênio. Outra vantagem (qualitativa) observada nos tratamentos com Yara N-Sensor® foi a maior uniformidade das plantas durante o desenvolvimento e no momento da colheita. Isso se deve especialmente pela redistribuição do fertilizante nitrogenado de forma equilibrada e de acordo com a necessidade das plantas, sem excesso, nem falta.



Figura 47. Incremento da produtividade de milho em experimentos com Yara N-Sensor® e visão geral do experimento.
Fonte: Bragagnolo, 2010 – Projeto Aquarius.



Figura 48. Selo comemorativo dos dez anos ininterruptos do Projeto Aquarius. Fonte: Projeto Aquarius.

Em 10 anos de estudos no Projeto Aquarius, muitas tecnologias de Agricultura de Precisão foram introduzidas na agricultura brasileira. Definições de zonas de manejo, aplicação de fertilizantes à taxa variada e em tempo real, controladores nacionais e disseminação de conhecimento sobre Agricultura de Precisão são algumas das conquistas do Projeto Aquarius, tornando o Projeto o maior banco de dados em Agricultura de Precisão do Brasil.

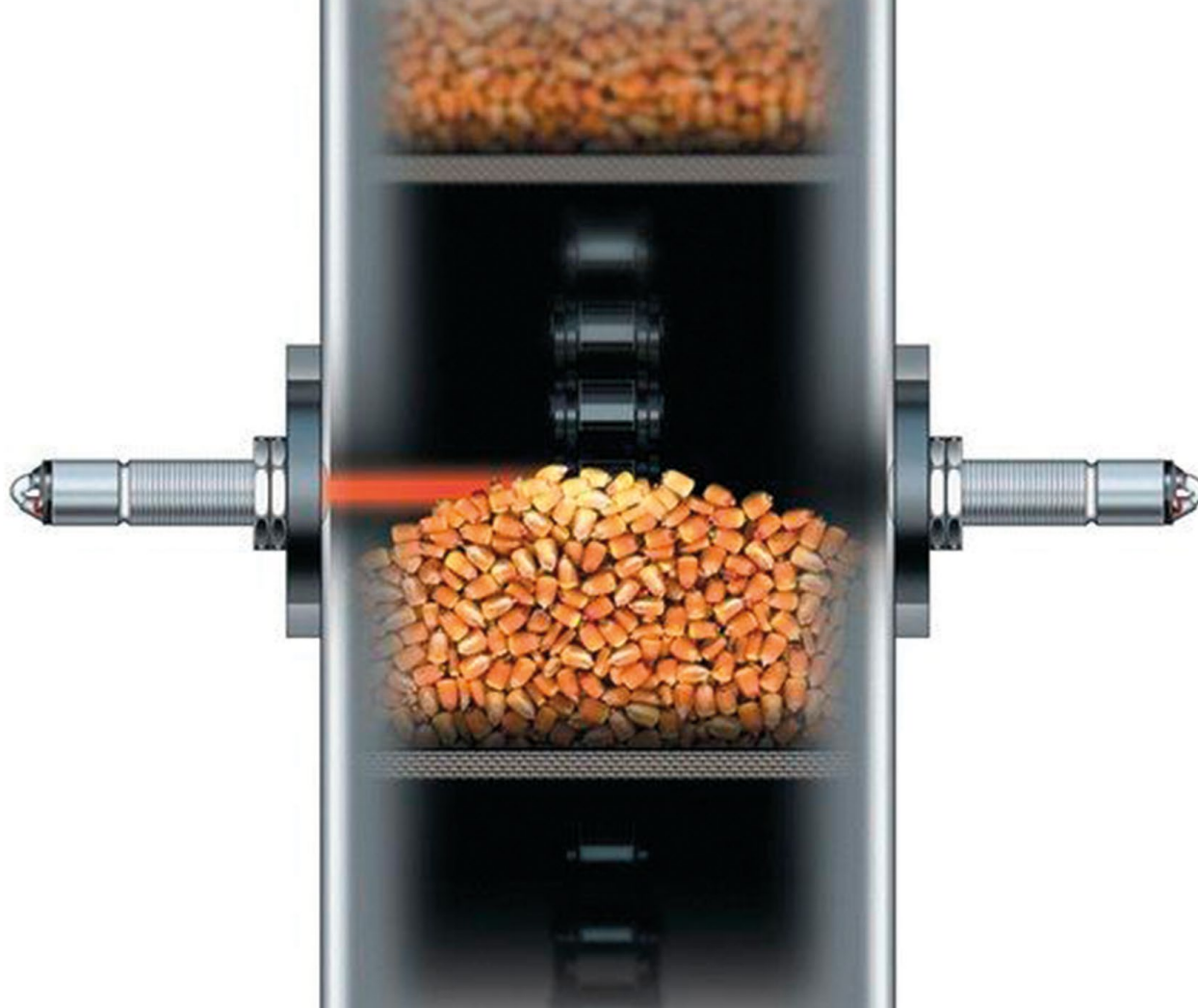


Figura 49. Sensor de produtividade baseado em feixe de luz. Fonte: Girardello, 2009 – Projeto Aquarius.

Os mapas de colheita são eficientes para avaliar o grau de acerto das intervenções, definir estratégias de manejo, repor nutrientes, definir zonas de manejo e avaliar a variabilidade temporal. Os mapas de colheita obtidos com sensor de produtividade, apesar de representar uma eficiente ferramenta para o levantamento de informações importantes na Agricultura de Precisão, ainda continuavam subutilizados no Brasil, especialmente quando comparados com a Argentina e Estados Unidos. A Stara, preocupada em facilitar o acesso dos usuários da Agricultura de Precisão aos mapas de colheita, desenvolveu um sensor de rendimento que pode ser adaptado em praticamente todas as colhedoras que se encontram nas lavouras. O princípio do equipamento é a emissão de um feixe luminoso no comprimento infravermelho que é interrompido pela passagem dos grãos no elevador da colhedora. Ainda, com o controlador Topper é possível registrar a largura de trabalho e a umidade do produto, resultando em mais precisão do equipamento.



Figura 50. Primeiro plantio à taxa variada de sementes.
Fonte: Projeto Aquarius

Ainda na safra 2010 o Projeto Aquarius iniciou as pesquisas de ajuste da população de plantas às zonas de manejo com a semeadora Victória Top Control, a primeira semeadora a taxa variada do Brasil, que possibilita a obtenção de taxa variada de fertilizantes e de sementes na linha.



A possibilidade de realizar a taxa variada de fertilizantes na linha de semeadura, especialmente de nutrientes pouco móveis como o Fósforo, era uma demanda de muitos pesquisadores e agricultores. Com isto, novas estratégias de fertilização puderam ser adotadas como a aplicação de Fósforo na linha e a fertilização potássica a lanço aplicada em pré-semeadura. Além disto, o ajuste da população de milho às zonas de manejo, que ao longo do tempo apresenta comportamento distinto quanto

ao potencial produtivo, torna-se possível. Assim, em áreas com horizonte de maior profundidade e com maior capacidade de armazenagem de água no solo é possível utilizar uma população maior de plantas do que em áreas com solo mais raso e com menor disponibilidade de água às plantas.

O ano de 2011 marcou a entrada da Pioneer no Projeto e o incremento dos trabalhos com a cultura do milho. A relação entre solo, máquinas e plantas foi reforçada. Neste período foram conduzidos experimentos em Não-Me-Toque, nas propriedades de Marcos Van Riel e Roberto Stapelbroek, validando o ajuste de população de plantas de milho às zonas de manejo na Agricultura de Precisão. O estudo foi conduzido durante as safras 2009/10 e 2010/11, onde foram avaliadas cinco populações de plantas, dispostas nas zonas de manejo definidas, conforme ilustração da Figura 51.

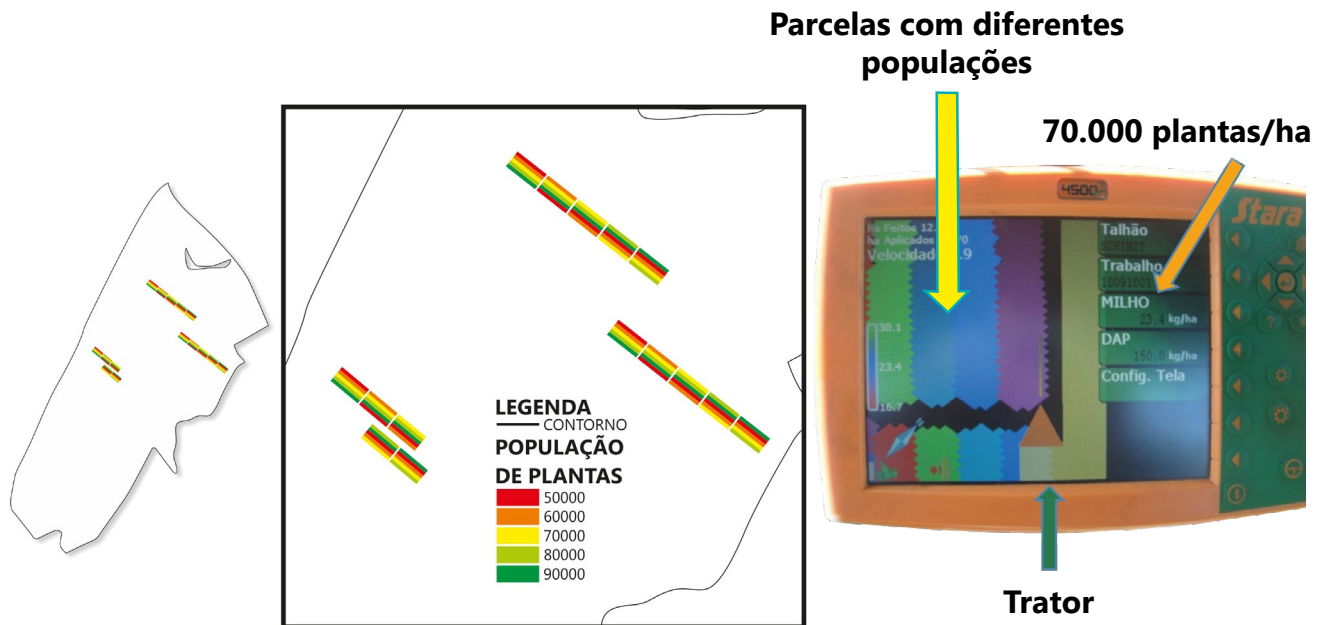


Figura 51. Ajuste das populações de plantas de milho à zonas de alta, média e baixa produtividade no talhão de propriedade do produtor Roberto Stapelbroek. Fonte: Projeto Aquarius.

Os anos de estudo foram favoráveis à produção de milho e a média geral alcançada foi de 11.550 kg/ha (212 sacos/ha). Nestas condições observou-se que o ajuste de população de milho teria um potencial de incremento de produtividade de até 10%. Com base nos resultados obtidos com o híbrido Pioneer 30F53YH, concluiu-se que na zona de baixo potencial produtivo a população alvo de milho deveria ser de 50.000 plantas/ha, na zona de médio potencial produtivo deveria ser de 70.000

plantas/ha e na zona de alto potencial de 80.000 plantas/ha. Esse ajuste permitiria um incremento econômico na zona de baixo potencial produtivo de 24% e na zona de alto potencial produtivo de 6%. O maior retorno econômico na zona de baixo potencial produtivo deve-se a economia na semente e na redução da competição interespecífica. Por outro lado, o incremento na zona de alto potencial produtivo deve-se ao maior aproveitamento da potencialidade desta zona.

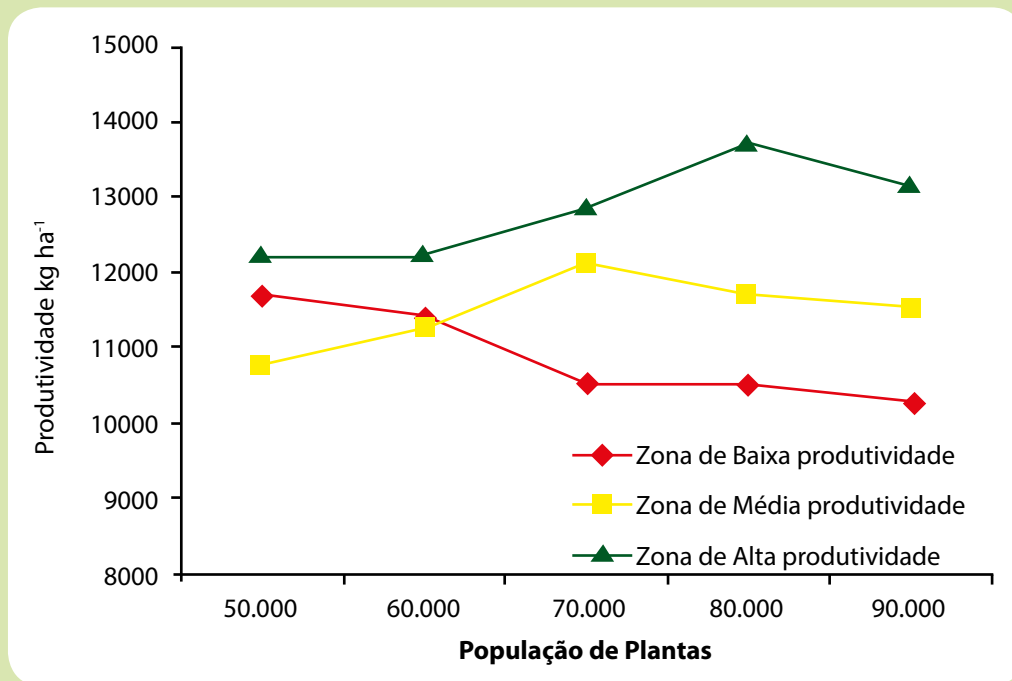


Figura 52. Resultados do experimento de ajuste de população de plantas de milho a zonas de manejo. Fonte: Hörbe et al. 2013 – Projeto Aquarius.

População de Plantas

Alta Produtividade

70.000 plantas/ha



18 cm

80.000 plantas/ha



18 cm

Baixa Produtividade

50.000 plantas/ha



20 cm

70.000 plantas/ha



15 cm

Figura 53. Ilustração das espigas com a população de plantas ajustada na zona de baixa e alta produtividade. Fonte: Hörbe et al. 2013 – Projeto Aquarius.

Peso de 1.000 grãos em função do ajuste de população de plantas

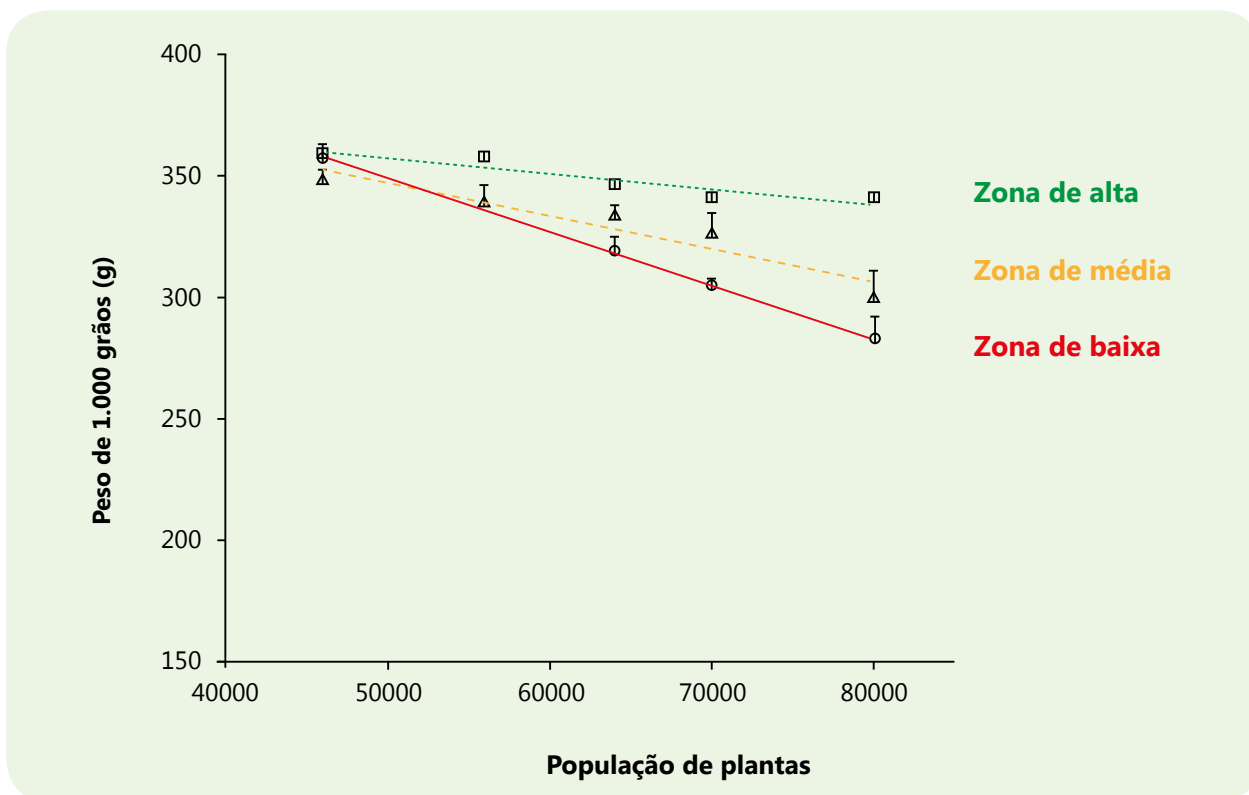


Figura 54. Peso de 1.000 grãos em função do ajuste da população de planta nas zonas de manejo. Fonte: Hörbe et al. 2013 – Projeto Aquarius.

A Pioneer, no centro de pesquisa nos Estados Unidos, reportou anteriormente um resultado semelhante, no qual de acordo com o potencial produtivo definido pelos atributos de solo e condições climáticas prevalentes, existia uma população de plantas ótima. Assim, quando o potencial produtivo era muito baixo (< 5.000 kg/ha ou 83 sc/ha) a população alvo seria de 44.000 plantas/ha, quando o potencial foi baixo (< 6.300 kg/ha ou 105 sc/ha) a população seria de 62.000 plantas/ha. Já para áreas com potencial produtivo alto (> 10.000 kg/ha ou

166 sc/ha) a população seria de 78.000 plantas/ha e muito alto (12.000 kg/ha ou 200 sc/ha) a população seria de 83.000 plantas/ha. Importante observar o tipo de híbrido em que se está fazendo o ajuste de população, respeitando as características do mesmo, porém, a potencialidade da técnica é muito promissora tanto em termos de economia de sementes quanto na diminuição da competição intraespecífica e no melhor aproveitamento da potencialidade da zona de manejo.

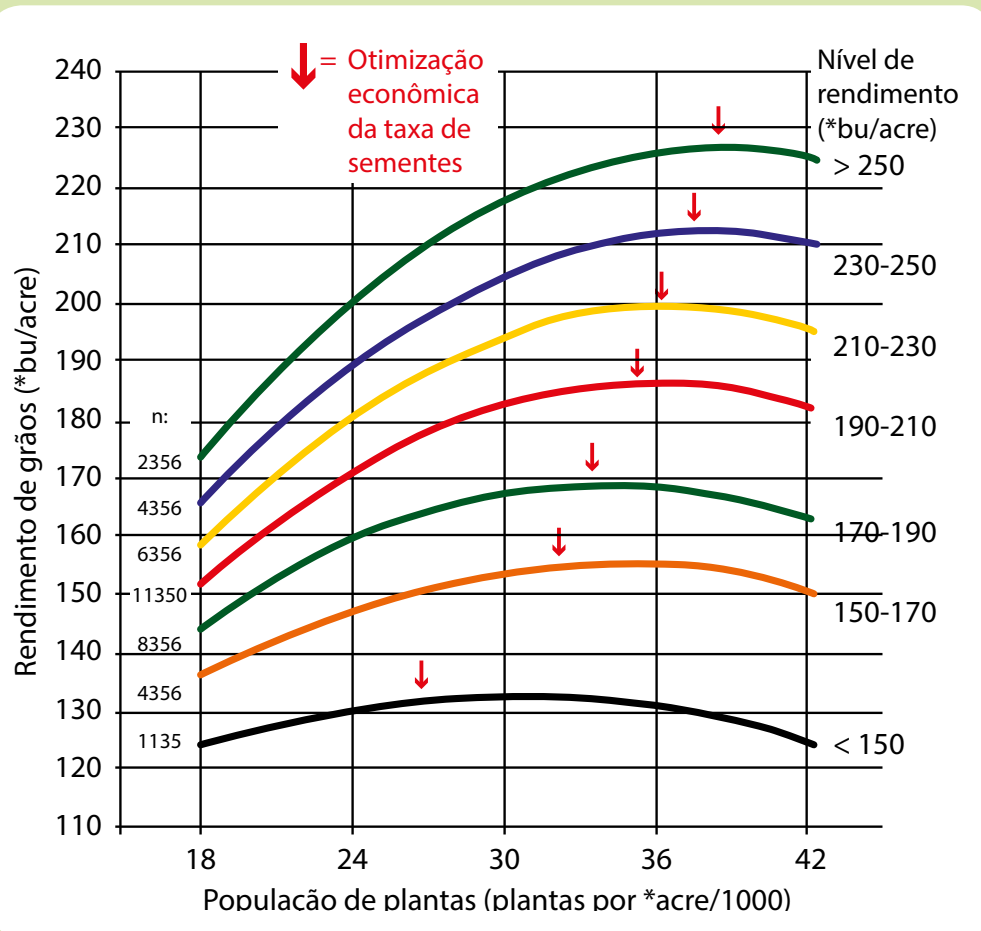


Figura 55. Experimento da Pioneer, nos Estados Unidos, avaliando potencial produtivo e população de plantas ótima. Fonte: Steve Butzen, 2011 - Pioneer.

*Bushel: 25,40 kg

*Acre: 0,40 ha



Figura 56. Primeiro APSUL América, em 2011, evento que acontece bienalmente.
Fonte: Cotrijal.

Também em 2011, foi realizado o primeiro APSUL América em Não-Me-Toque. O APSUL América foi o primeiro evento de Agricultura de Precisão voltado para o produtor rural. Em sua primeira edição reuniu cerca de 5 mil participantes e 25 empresas expositoras ligadas a Agricultura de Precisão. A programação do APSUL América contou com a apresentação de trabalhos científicos, palestras, painéis e oficinas, além da presença de profissionais do Brasil, Paraguai e Argentina.

Em 2011, mais um passo importante na fertilização nitrogenada foi dado com o lançamento do equipamento Hércules 5.0 da Stara, com Yara N-Sensor® e YaraBela®, da Yara, com fonte de Nitrogênio mais eficiente. Com essa proposta de distribuidor autopropelido, sensor de cultura e fertilizante de alta qualidade foi possível incrementar a eficiência da fertilização nitrogenada, que raramente é maior que 50%. O distribuidor de fertilizantes Hércules 5.0 possibilita a entrada na lavoura em estádios fenológicos mais avançados do milho, nos quais o Yara N-Sensor® tem a precisão em captar o estado nutricional das plantas, quanto ao Nitrogênio, ainda, devido à elevada autonomia e rendimento operacional, possibilita que a fertilização nitrogenada seja feita sempre nas melhores condições climáticas. O fertilizante YaraBela® possui duas fontes de Nitrogênio (nitríca e amoniacal) que garante uma nutrição equilibrada e ajustada à demanda das plantas. Devido à sua fonte mais eficiente (Nitrato de Amônio), as perdas de Nitrogênio por volatilização são desprezíveis, portanto, o YaraBela® garante fornecimento adequado de Nitrogênio, podendo ser aplicado inclusive nas horas mais quentes do dia.



Figura 57. No Brasil, a tecnologia do Yara N-Sensor® é disponibilizada em parceria com a Stara, em conjunto com o distribuidor autopropelido Hércules 5.0 e 6.0.

Aplicação de Fertilizantes à Taxa Variada

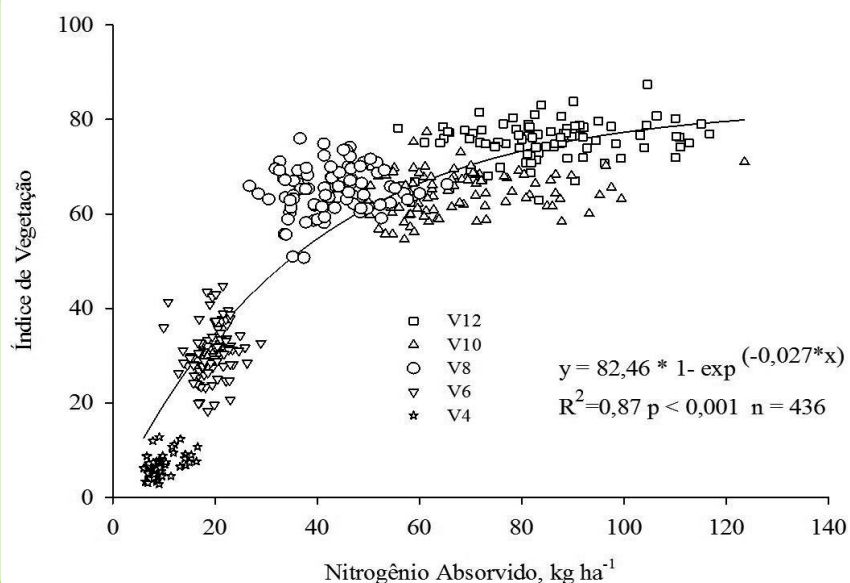
- Uso sustentável de fertilizantes - Economia e preservação dos recursos naturais.
- Aplicação racional de fertilizantes - Considerando cada aspecto da área ou planta. Evita desequilíbrios nutricionais.
- Otimização das operações.

Os experimentos conduzidos com o Yara N-Sensor® comprovaram a elevada eficiência do sensor em captar o estado nutricional do milho em diferentes estádios fenológicos (Bragagnolo et al., 2013). Para isso, foi realizado um exaustivo trabalho de pesquisa com 436 pontos amostrais nos quais se relacionava a leitura do sensor e a quantidade de Nitrogênio absorvida pelas plantas.

Agricultura de Precisão com Yara N-Sensor®

- Diagnóstico em tempo real das demandas de Nitrogênio.
- Economia com análises de Matéria Orgânica e de folhas.
- Uniformidade de maturidade das plantas - Colheita mais eficiente.
- Maior absorção de Nitrogênio e maior retorno.
- Maior produtividade por kg de Nitrogênio aplicado.

Vantagens da utilização do Yara N-Sensor®, YaraBela e Hércules 5.0 na fertilização nitrogenada e Agricultura de Precisão. Fonte: Yara



O gráfico demonstra a grande correlação entre o Nitrogênio absorvido e o índice de vegetação determinado pelo Yara N-Sensor®, validando o ótimo funcionamento do sensor e apresentando uma correlação significativa de $R^2 = 0,87$.

Figura 58. Relação entre Nitrogênio absorvido e índice de vegetação determinado pelo Yara N-Sensor®. Fonte: Bragagnolo et al. 2013.



Figura 59. Avaliação dos experimentos com fertilização nitrogenada à taxa variada com uso do Yara N-Sensor®, Não-Me-Toque/RS.
Fonte: Bragagnolo, 2011 - Projeto Aquarius.

Em 2011 a Stara embarcou o Topper 4500 em sua linha de pulverizadores de arrasto, hidráulicos e autopropeledidos. Na pulverização, o Topper 4500 permitiu que o controle de vazão, desligamento automático de seções e piloto automático fossem controlados todos pelo mesmo equipamento.



Figura 60. Topper 4500, controlador de vazão, DGPS, Desligamento Automático de Seções e Piloto Automático. Fonte: Projeto Aquarius.

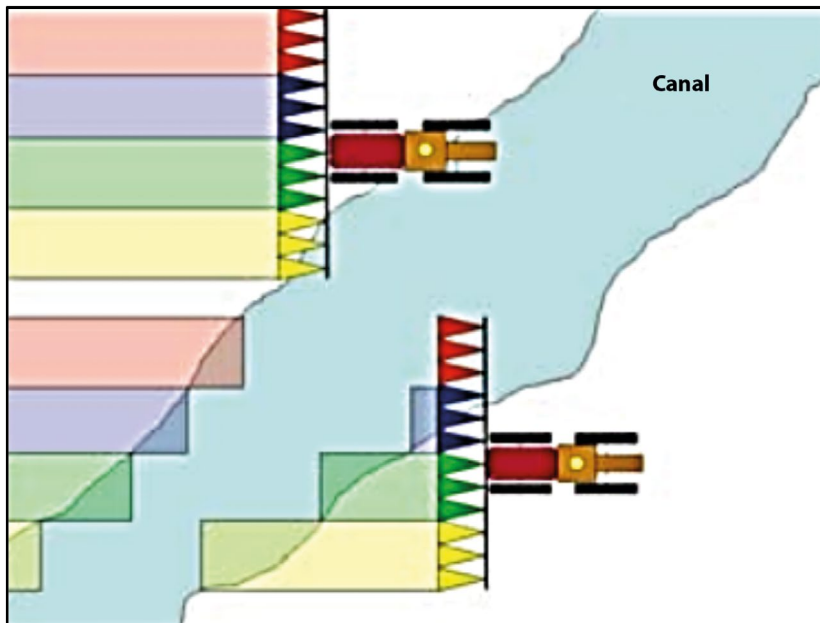


Figura 61. Exemplo de pulverização precisa de agroquímicos com desligamento de seção e posicionamento por DGPS nos Estados Unidos. Fonte: John Fulton, 2009.

Neste mesmo ano foi realizada a avaliação da eficiência da pulverização precisa. Os resultados obtidos em condições americanas apontaram que o desligamento de seção e a localização precisa (DGPS) possibilitaram reduções de 2 a 12% no volume de agroquímicos por aplicação, dependendo do formato do talhão.

Os resultados de um trabalho realizado pela equipe da Stara em parceria com o Projeto Aquarius comprovaram que a combinação das ferramentas DGPS, piloto automático e desligamento de seção proporcionou reduções de 5 a 12% no volume de agroquímicos, concordando com os resultados obtidos nos Estados Unidos. Neste trabalho, quanto mais recortada for a área, maior será a economia com produto evitando sobreposição de aplicação. Este resultado é importante, pois muitas das áreas do Rio Grande do Sul tem esta característica de presença de áreas de preservação permanente, drenos naturais e outros obstáculos não transponíveis.

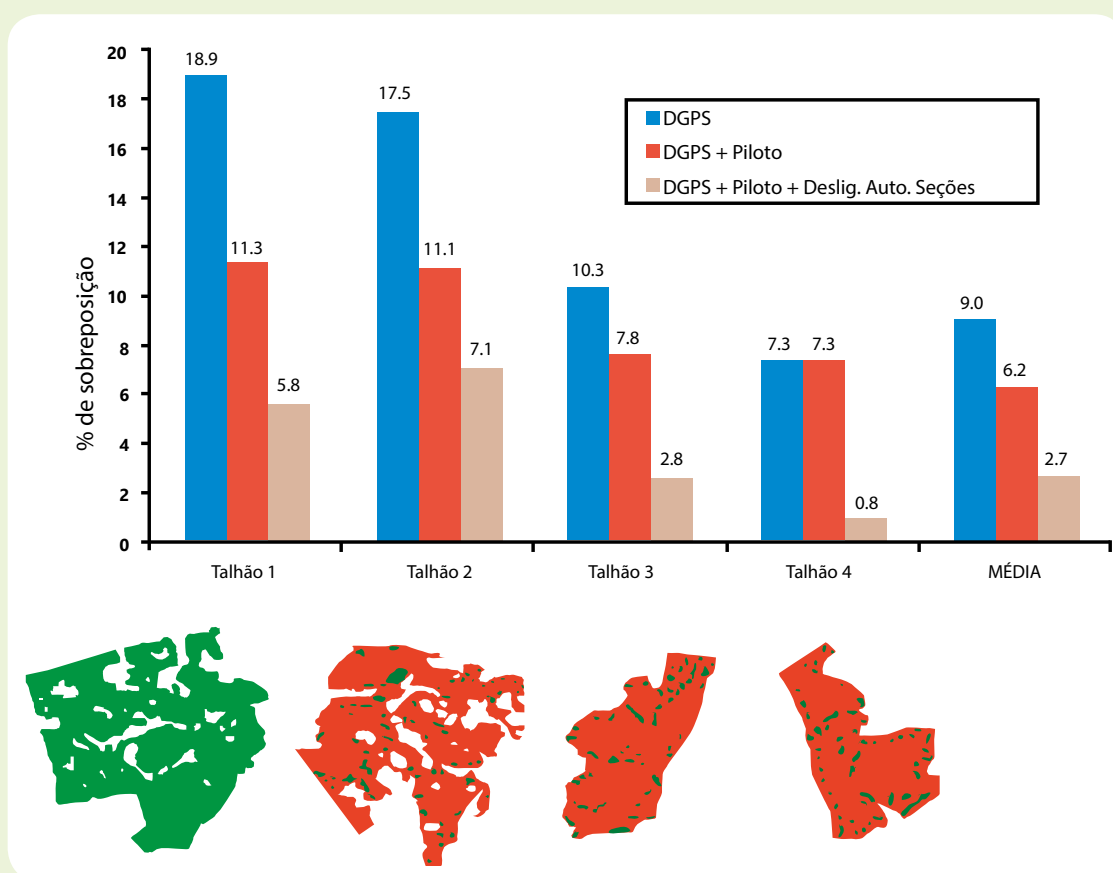


Figura 62. Economia de aplicação de agroquímicos pela pulverização precisa no Brasil utilizando o pulverizador autopropelido da Stara Imperador CA 3100. Fonte: Heinzman& Dellamea, 2011.

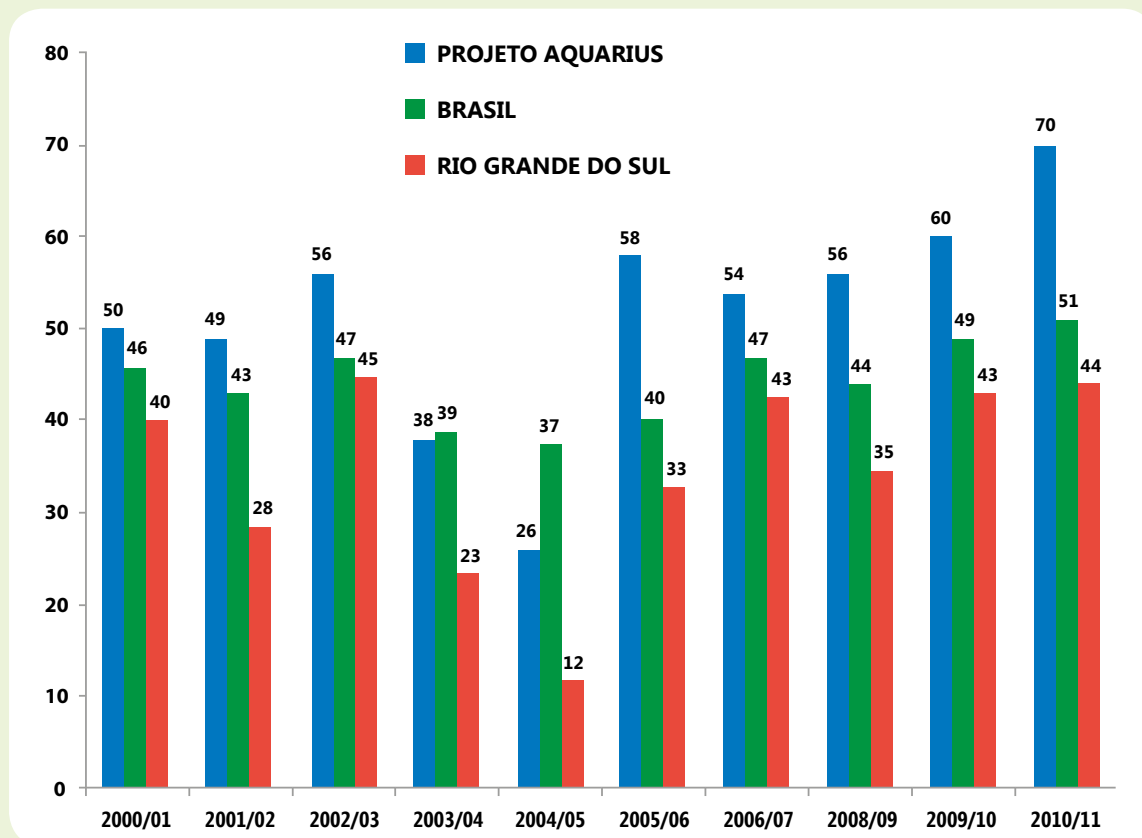


Figura 63. Produtividade média de soja no Projeto Aquarius, no estado do Rio Grande do Sul e no Brasil no período de 2000 a 2011. Fonte: P.J. Alba – Projeto Aquarius.

O mestrando Paulo J. Alba reuniu as produtividades de soja obtidas nas áreas do Projeto Aquarius e as comparou com a média estadual e nacional. Os resultados obtidos evidenciaram que em todos os anos investigados a produtividade no Projeto, foi superior a média estadual e somente em um ano foi inferior a média nacional, devido ao problema de restrição hídrica que afetou o estado do Rio Grande do Sul. Ainda, nos últimos seis anos, quando o manejo sítio-específico dos atributos físicos, químicos e biológicos foi implementado e o manejo preciso de semeadura e de aplicação de agroquímicos foi adotado, a produtividade da soja foi estabilizada e o teto produtivo incrementado.

O professor Telmo Amado, coordenador do Projeto Aquarius, foi homenageado pelo Grupo Record RS e pela Expodireto Cotrijal em função dos avanços científicos e tecnológicos alcançados junto ao Projeto no ano de 2011.

Em 2011, houve o avanço do sistema de semeadura com a linha de semeadoras pneumáticas equipadas com o sistema DPS (Distribuição Precisa Stara). Também se intensificaram os trabalhos com o uso do piloto automático, sinal RTK e da distribuição de fertilizante nitrogenado com o distribuidor autopropelido Hércules 5.0 e Yara N-Sensor®.

Na safra de verão 2011/12, iniciaram-se as avaliações, na propriedade de Rogério Pacheco localizada no município de Carazinho/RS, a respeito da influência do erro na distribuição espacial de plantas na linha de semeadura na produtividade do milho. Para tanto foram comparados lado a lado uma plantadora com sistema mecânico e uma nova proposta de plantabilidade, o sistema pneumático DPS e, ainda, um outro tratamento associando o sistema DPS com piloto automático e sinal RTK.

Nesse experimento se observou que a média da produtividade com semeadura mecânica foi de 8.050 kg/ha (134,16 sc/ha), com pontos onde a menor produtividade foi de 1.500 kg/ha. Já com o plantio com sistema pneumático DPS a produtividade média alcançou 9.315 kg/ha (155,25 sc/ha), com áreas de menor produtividade alcançando 4.500 kg/ha. O plantio realizado

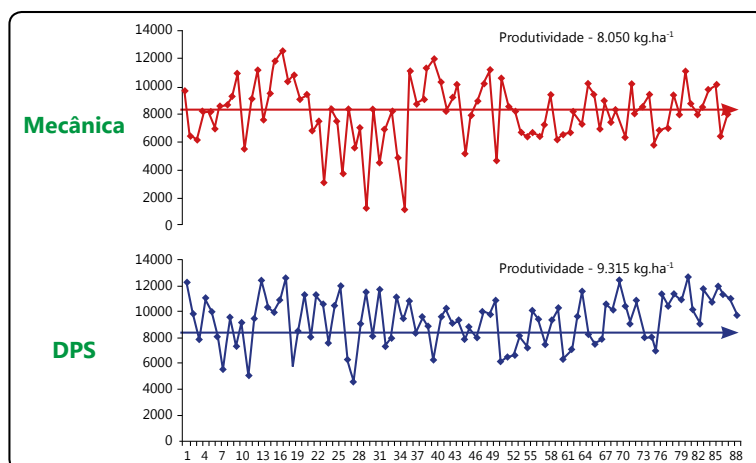


Figura 64. Avaliação de produtividade planta a planta. Fonte: Projeto Aquarius. com o sistema pneumático DPS representou um incremento de produtividade de 15,7%.

Na mesma oportunidade, foi realizado um experimento para quantificar o quanto as tecnologias associadas (Plantio DPS e N-Sensor®) implicam na produtividade. Quando o plantio pneumático DPS foi associado ao uso do N-Sensor® para a fertilização, houve um incremento de produtividade de 18,02%, conforme o gráfico abaixo.

Descrição dos tratamentos:

Tratamento MECÂNICA: se refere a plantio com semeadora mecânica e distribuição de Nitrogênio em cobertura à taxa fixa. Resultando em uma produtividade média final de 6.568 kg/ha.

Tratamento MECÂNICA + N-Sensor®: plantio com semeadora mecânica e distribuição de Nitrogênio à taxa variada com uso do Yara N-Sensor®. Resultando em uma produtividade média final de 7.243 kg/ha.

Tratamento DPS: plantio com semeadora pneumática DPS e distribuição de Nitrogênio em cobertura à taxa fixa. Resultando em uma produtividade média final de 7.402 kg/ha.

Tratamento DPS + N-Sensor®: plantio com semeadora pneumática DPS e distribuição de Nitrogênio à taxa variada com uso do Yara N-Sensor®. Resultando em uma produtividade média final de 7.751 kg/ha.

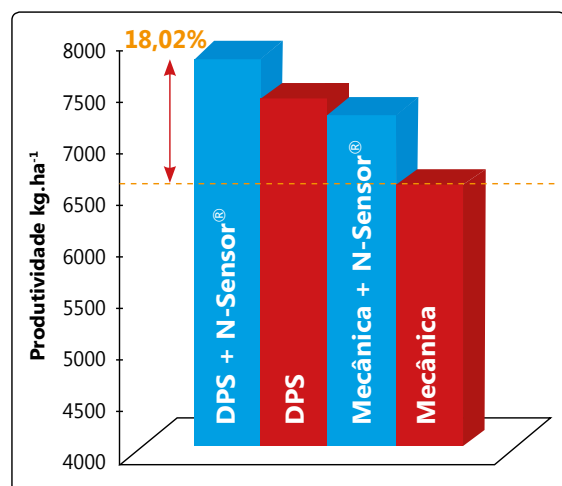


Figura 65. Produtividade obtida de acordo com cada tratamento. Fonte: Projeto Aquarius.

Ao final deste trabalho podemos concluir que apesar de ter ocorrido uma restrição hídrica durante o desenvolvimento da cultura, no plantio realizado com sistema pneumático DPS associado à distribuição de Nitrogênio à taxa variada com N-Sensor® houve um significativo aumento de produtividade de 18,02% quando comparado ao plantio realizado com sistema mecânico e distribuição de Nitrogênio à taxa fixa.

Em 2012 foi criado o LAPSul (Laboratório de Agricultura de Precisão), vinculado a UFSM, em Frederico Westphalen/RS. O evento reuniu um grande público: estudantes, prestadores de serviço e produtores.

No mesmo ano foi formada a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP.

Também em 2012, três artigos do Projeto Aquarius foram traduzidos para ucraniano e publicados em revista da Ucrânia, levando o conhecimento obtido pelo Projeto Aquarius em Agricultura de Precisão para o mundo.

Ainda em 2012, foram conduzidos estudos aplicados com condutividade elétrica aparente (CEa) em duas áreas agrícolas, situadas no município de Carazinho/RS. O objetivo era avaliar possíveis relações entre a CEa, determinada por meio de sensoriamento em tempo real, com atributos do solo e com a produção vegetal. Para tal, foi previamente realizado o mapeamento da CEa nas áreas experimentais por meio do sensor Veris.

Basicamente, o sensor utiliza para as medições a indução de corrente elétrica no solo, realizada pelos dois discos intermediários, enquanto os discos internos e externos captam a diferença de potencial em função da corrente elétrica emitida. Após o mapeamento, procedeu-se a amostragem de solo na profundidade de 0 a 15 cm. Em uma das áreas foi utilizado um conjunto de 23 pontos amostrais, delimitados por uma grade regular de 2 hectares com ponto central de amostragem enquanto que, para a outra área, 11 pontos amostrais foram alocados de acordo com as zonas de CEa, previamente definidas. As avaliações do desempenho vegetal foram procedidas com a cultura do milho, semeada após a amostragem de solo, e

compreenderam basicamente a avaliação do índice de vigor (IV) por meio do sensor óptico ativo Yara N-Sensor® e a produtividade de grãos, registrada por meio de mapa de colheita. Todas as operações utilizaram sistema de navegação com sinal diferencial (DGPS). Para a análise e cruzamento dos dados, os mesmos foram filtrados em função dos pontos de amostragem de solo.

Dentre os principais resultados obtidos destacaram-se: a presença de relação entre a CEa com o índice de vigor e a produtividade de milho, existência de relação positiva da CEa com os teores de Cálcio, Magnésio, pH em água, saturação de bases e capacidade de troca catiônica, e negativa com os teores de Alumínio e, na área com melhor qualidade química, a CEa apresentou relação positiva com os teores de Cálcio, Magnésio, matéria orgânica e textura (argila). O estudo demonstrou que, uma vez calibrada para o tipo de solo, cultura estudada e associado com a amostragem de solo dirigida, a CEa é uma estratégia para o refinamento de prescrições à taxa variada. O artigo pode ser acessado em sua versão completa em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/22439/13483>



Figura 66. Equipamento Veris utilizado para medir a condutividade elétrica do solo. Fonte: Stara.

67a



Na sequência se intensificaram os trabalhos por zonas de manejo avaliando materiais genéticos com elevado potencial produtivo e com ajuste de população de plantas por zonas de manejo.

Na safra seguinte, 2012/13, nas avaliações comparando os dois sistemas de semeadura, pode-se constatar mais uma vez a melhor plantabilidade da semeadora pneumática equipada com DPS quando comparado a semeadora mecânica, sendo o Coeficiente de Variação (CV) da distribuição de plantas no sistema DPS de 25% e do sistema mecânico de 41%, representando uma diferença na qualidade do plantio de 16%.

Figura 67. Distribuição de plantas uniforme utilizando o sistema DPS, 67a e erro na distribuição de plantas com sistema mecânico, 67b.
Fonte: Hörbe, 2013 - Projeto Aquarius.

67b





Figura 68. Comparativo entre os dois sistemas de plantio, DPS e Mecânico. Fonte Projeto Aquarius.

Na imagem acima está representada a condição da cultura com o sistema mecânico e abaixo com o sistema pneumático preciso DPS. Fonte: Hörbe, 2013 – Projeto Aquarius.

Em um estudo de caso, avaliando a produtividade da cultura planta a planta, observou-se que apenas 2% das plantas apresentavam produtividade inferior a 8.500kg/ha com sistema DPS, sendo que o maior erro na distribuição de plantas no sistema mecânico resultou em 18% das plantas com

A melhor distribuição de plantas de milho com o sistema DPS proporcionou um incremento na produtividade de 12,5% em relação ao sistema mecânico. O sistema mecânico apresentou uma produtividade média de 10.130 kg/ha e o sistema pneumático DPS 11.400 kg/ha.

produtividades abaixo deste valor.

Neste ano a utilização do piloto automático com RTK associado ao sistema DPS incrementou em 7% a produtividade em relação ao tratamento somente com sistema DPS, sendo a produtividade de 12.205 kg/ha. Na figura abaixo é possível observar os tratamentos, sendo que no sistema DPS com piloto automático e RTK as plantas apresentaram uma maior homogeneidade nas espigas, o que justifica a maior produtividade neste sistema.



(69a)



(69b)

Figura 69. Figura 69a representando o plantio preciso com piloto automático e a figura 69b representando o plantio mecânico e sem o uso do piloto automático.

Após 2 anos de estudo, Hörbe, et. al. 2015, concluiu que a cada 10% de coeficiente de variação na distribuição de plantas na semeadura do milho, gera um decréscimo de 800 kg/ha em produtividade.

Na safra de inverno de 2013 iniciaram-se novas abordagens para a delimitação de zonas de manejo (figura abaixo) usando, além dos tradicionais mapas de produtividade, mapas de condutividade elétrica, mapas de índices de vegetação e mapas de declividade. Os mapas de condutividade elétrica aparente, utilizados se mostraram uma eficiente ferramenta na delimitação de zonas de manejo, pois apresentaram uma boa correlação com o mapa de índice de vegetação gerado pelo Yara N-Sensor® e com os mapas de produtividade, antecipando uma importante variabilidade existente na área, com uma alta resolução espacial, mesmo antes da implantação das culturas.

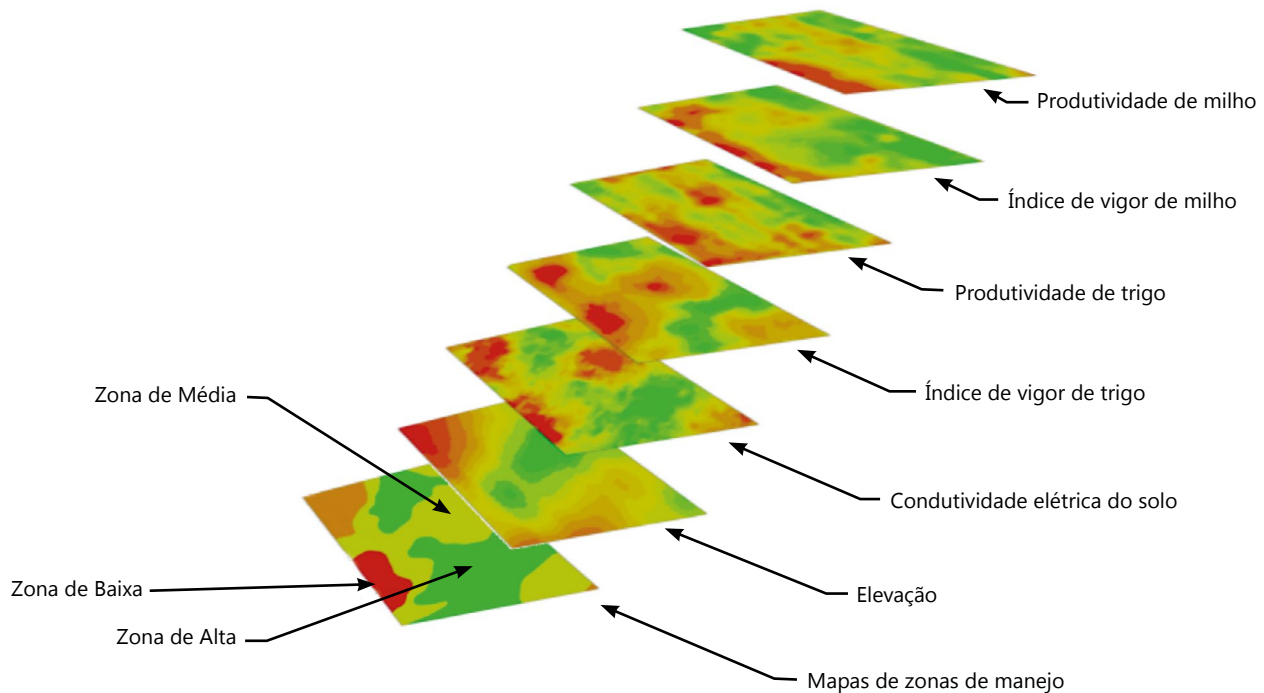


Figura 70. Sobreposição de mapas temáticos de vários atributos para a delimitação de zonas de manejo. Fonte: Schwalbert, 2013 – Projeto Aquarius.

Com base nestas informações, iniciaram os estudos de ajuste de fertilização nitrogenada para cada zona de manejo, consistindo em três experimentos na cultura do trigo (dois na propriedade de Rogério Pacheco e um na propriedade de Marcos Van Riel) e dois na cultura do milho (um na propriedade de Fernando Stapelbroek Trennepohl e outro na propriedade de Rogério Pacheco). Nestes experimentos foi possível constatar a diferente resposta de cada zona de manejo à fertilização nitrogenada.

No ensaio conduzido em trigo no ano de 2013 na propriedade de Rogério Pacheco foi possível constatar a diferente resposta de cada zona de manejo à fertilização nitrogenada. Verificou-se que a zona de baixo potencial produtivo apresentou os menores índices de eficiência no uso do Nitrogênio. Assim, a dose de Nitrogênio que maximizou a produtividade nessa zona foi inferior a dose que maximizou a produtividade na zona de média e de alta.

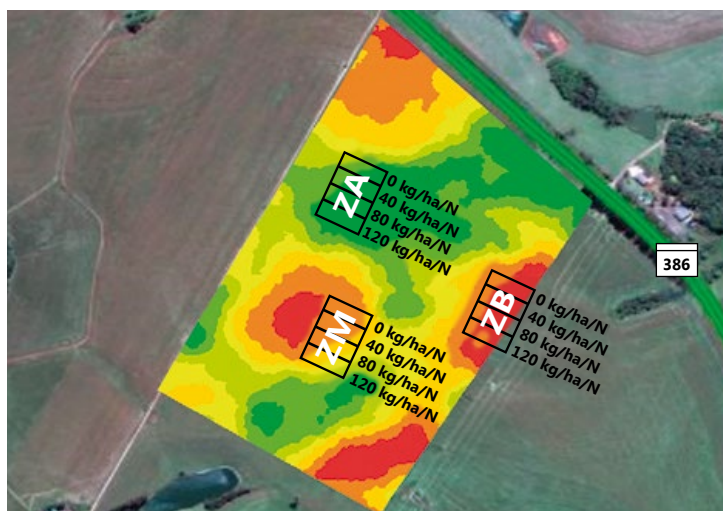


Figura 71. Disposição das doses de Nitrogênio na cultura do trigo dentro de cada zona de manejo. Fonte: Schwalbert, 2013 – Projeto Aquarius.

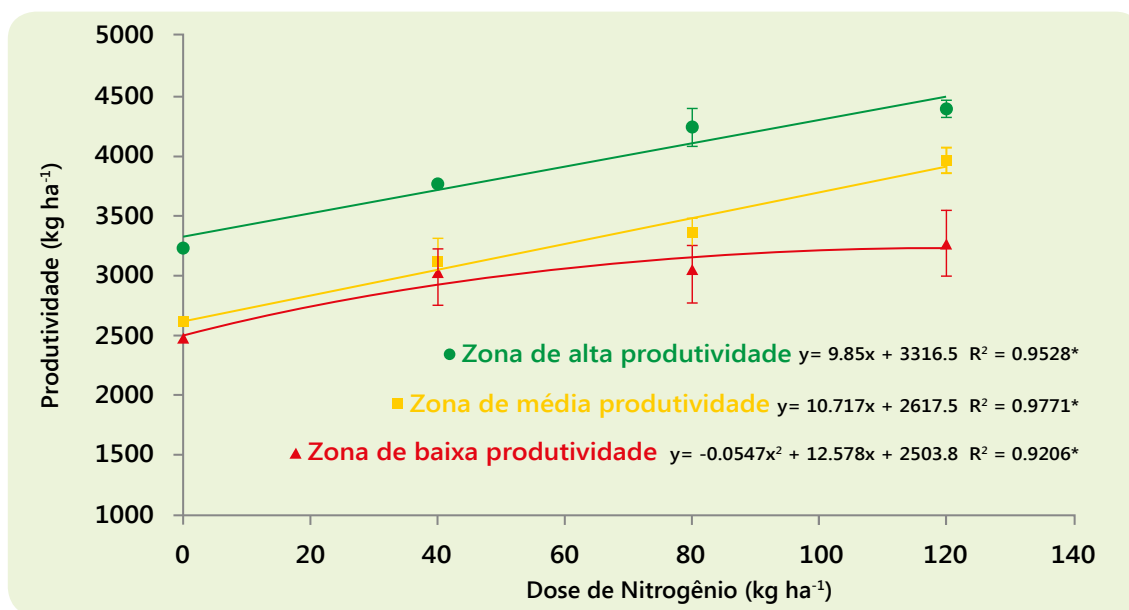


Figura 72. Gráfico demonstrando o incremento da produtividade conforme o aumento da dose de Nitrogênio em cada zona de manejo. Fonte: Schwalbert, 2013 - Projeto Aquarius.

Nesse ensaio em trigo, pode-se perceber uma resposta linear da produtividade a diferentes doses de Nitrogênio na zona de alto e médio potencial produtivo. Na zona de baixo potencial produtivo se observou uma resposta linear até 100 kg/ha de Nitrogênio, atingindo um platô logo após, não respondendo mais ao aumento da dose de Nitrogênio. Dessa forma pode-se afirmar que o ajuste de Nitro-

gênio conforme zonas de manejo é uma alternativa para melhor eficiência na fertilização nitrogenada.

Neste mesmo ano, em outro ensaio, foi avaliada a eficiência da fertilização nitrogenada a taxa variada através do Yara N-Sensor[®] quando comparado ao manejo de taxa fixa de Nitrogênio em cada zona de manejo na cultura do trigo.

Zonas	Prod. Média Taxa Fixa	Prod. Média Taxa Variada N-Sensor [®]	Diferença
Zona de baixa	4.131 kg/ha	4.156 kg/ha	≅ 0,41 scs/ha
Zona de média	4.252 kg/ha	4.491 kg/ha	≅ 4 scs/ha
Zona de alta	4.412 kg/ha	4.887 kg/ha	≅ 8 scs/ha

Figura 73. Comparativo de duas formas de fertilização nitrogenada distintas em cada zona de manejo. Fonte: Schwalbert, 2013 – Projeto Aquarius.

Em 2013 foi realizada a segunda edição do APSUL América em Não-Me-Toque/RS, o evento contou com a participação de diversas empresas do segmento de Agricultura de Precisão assim como estudantes e pesquisadores nacionais e internacionais.

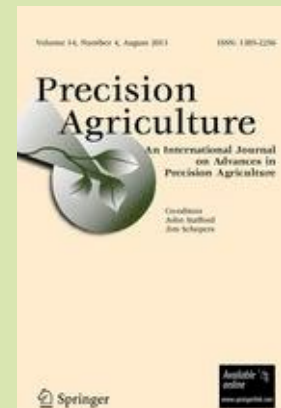
Em 2013 o site do Projeto Aquarius alcançou a marca de 46.000 acessos, difundindo os resultados do Projeto e facilitando o acesso dos resultados ao público.



Em 2014 a Stara lançou o Topper 5500, permitindo o acompanhamento das operações agrícolas em tempo real através de um dispositivo com acesso à internet, ou seja, transmissão de dados para multiplataformas (celulares, tablets e computadores pessoais), através da Telemetria Stara.

Em 2014 foi criado o Centro Nacional de Agricultura de Precisão pela Embrapa.

Ainda em 2014 o site do Projeto Aquarius passou por uma reformulação. Na sua versão anterior foram aproximadamente 65 mil acessos.



Em 2013 também foi publicado um artigo sobre ajuste de população de milho a zonas de manejo desenvolvido em áreas do Projeto Aquarius na revista Precision Agriculture (EUA), conhecida como a melhor revista a nível mundial na área de Agricultura de Precisão.

Figura 74. Topper 5500, produto 100% nacional desenvolvido e produzido pela Stara. Fonte: Stara

Na safra 2014/15, na propriedade de Rogério Pacheco, foi conduzido um ensaio a fim de acompanhar os efeitos da aplicação de taxa variada de Nitrogênio em milho com uso do Yara N-Sensor® e Hércules 5.0 da Stara.

Foram realizadas 3 aplicações de Nitrogênio na cultura:

Mapa 1: Neste estágio da cultura, foi realizada a aplicação à taxa fixa de Nitrogênio e leitura com Yara N-Sensor® apenas para monitoramento da variabilidade da cultura.

Mapa 2: Neste estágio, podemos perceber que a cultura manteve a variabilidade devido a primeira aplicação ter sido feita à taxa fixa. Neste momento foi realizada a leitura com Yara N-Sensor® e aplicação à taxa variada em tempo real de Nitrogênio.

Mapa 3: Pode-se perceber que ocorreu uma evolução na uniformidade da cultura devido a aplicação à taxa variada conforme a necessidade das plantas. Nesta etapa, novamente foi realizada a leitura com Yara N-Sensor® e aplicação à taxa variada em tempo real de Nitrogênio.

Mapa 4: Neste estágio, o produtor optou por entrar mais uma vez com o equipamento na área para fazer uma leitura com o Yara N-Sensor® e verificar como estava a uniformidade da cultura após uma aplicação de Nitrogênio à taxa fixa em V4 e duas aplicações com taxa variada através do Yara N-Sensor® em V8 e V10 respectivamente.

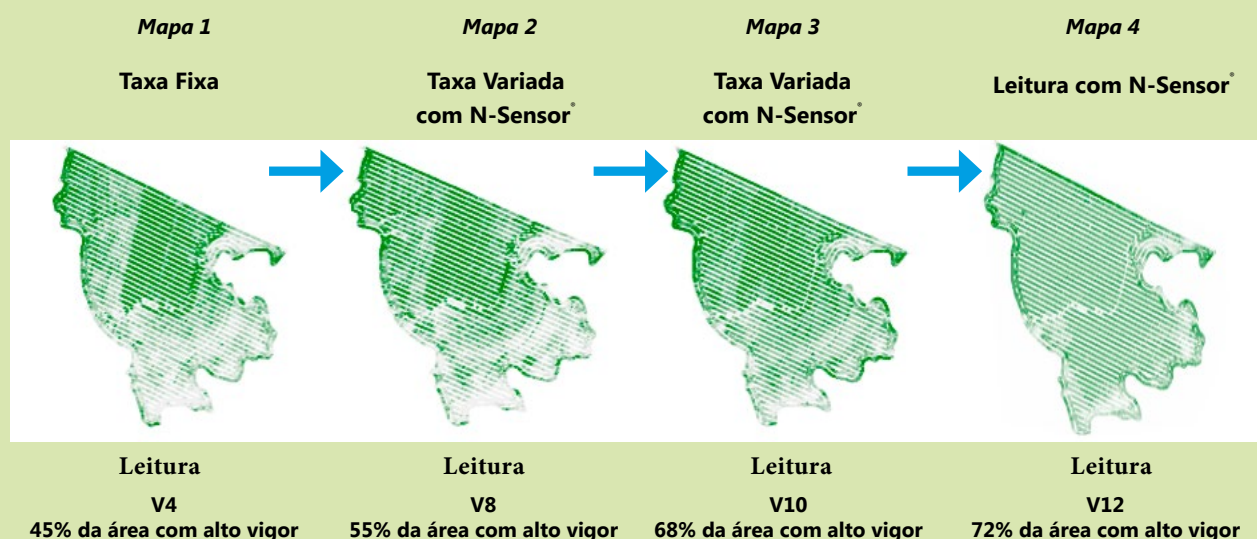


Figura 75. Comparativo de leituras de biomassa a cada estágio de desenvolvimento do milho. Fonte: Projeto Aquarius.

É possível perceber uma nítida evolução na uniformidade da cultura após as aplicações de Nitrogênio à taxa variada com o Yara N-Sensor®. É perceptível a mesma uniformidade no mapa de colheita

da área, na qual se obteve uma média de 220 sc/ha em uma área de 128 ha, reunindo o manejo das empresas participantes com a experiência do produtor.

Produtividade t ha⁻¹

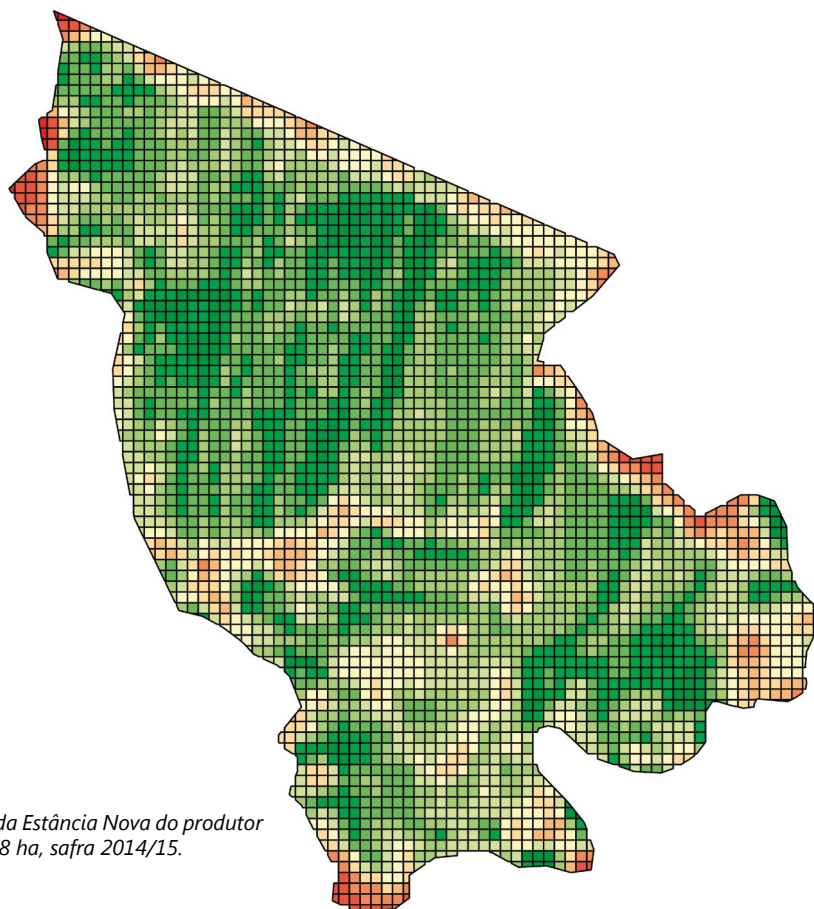
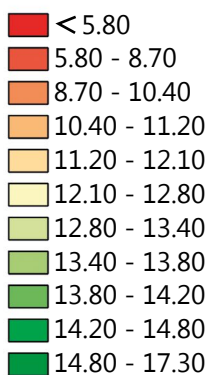


Figura 76. Produtividade de milho na Fazenda Estância Nova do produtor Rogério Pacheco, média de 220 sc/ha em 128 ha, safra 2014/15.
Fonte: Projeto Aquarius.

Ainda na safra 2014/15, foi conduzido um ensaio de população variada de milho na propriedade de Fernando Stapelbroek Trennepohl, a fim de validar qual a melhor população de milho e a melhor dose de Nitrogênio para cada população dentro de cada zona de manejo.

Na área da Lagoa (132 ha), as zonas de distintos potenciais produtivos foram definidas através da sobreposição de 7 mapas de produtividade de soja e 3 mapas de produtividade de milho.

Foram definidas 3 zonas distintas:

- Alto potencial produtivo: representada em verde no mapa;
- Médio potencial produtivo: representada em amarelo;
- Baixo potencial produtivo: representada em vermelho.

Foi realizado o plantio à população variada em área total, porém foram implantadas parcelas com população fixa dentro das 3 zonas de manejo a fim de balizar a viabilidade econômica do uso da taxa variada de sementes.

Também, dentro das parcelas de população fixa de sementes, foram aplicadas doses fixas de Nitrogênio, a fim de validar qual a melhor população de plantas e a melhor dose de Nitrogênio para cada população dentro de cada zona de manejo.

Mapa de população variada de sementes com parcelas de população fixa de sementes dentro de cada zona de manejo

Mapa de prescrição de plantio à população variada

Parcelas com taxa fixa

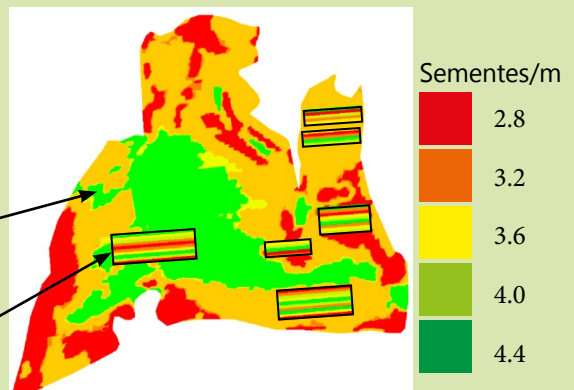


Figura 77a: Imagem representando o mapa de recomendação de população à taxa variada com parcelas de população fixa de plantas. Fonte: Projeto Aquarius.

Disposição do tratamento de Nitrogênio realizado em cada zona de manejo

	0 kg/ha de N	60 kg/ha de N	120 kg/ha de N	180 kg/ha de N	240 kg/ha de N
Sem/m					
Zona de manejo →	2.8				
	3.2				
	3.6				
	4.0				
	4.4				

Figura 77b: imagem representando cada parcela de população fixa com variação de doses de Nitrogênio em cada população. Fonte: Projeto Aquarius.

Diante o trabalho realizado, foram tiradas as seguintes conclusões:

1 – Com o ajuste de população de plantas por zona de manejo, 47% da zona de baixo potencial produtivo passou a ser a zona de médio potencial produtivo. Além disso, a zona de alto potencial produtivo apresentou aumento de produção de 16,5 sc/ha. Somando o incremento de produtividade que foi obtido na zona de médio potencial produtivo e o incremento obtido na zona de alto potencial produtivo, foi obtido um retorno econômico de R\$ 30.000,00 em 132 ha.

Mapa de retorno econômico

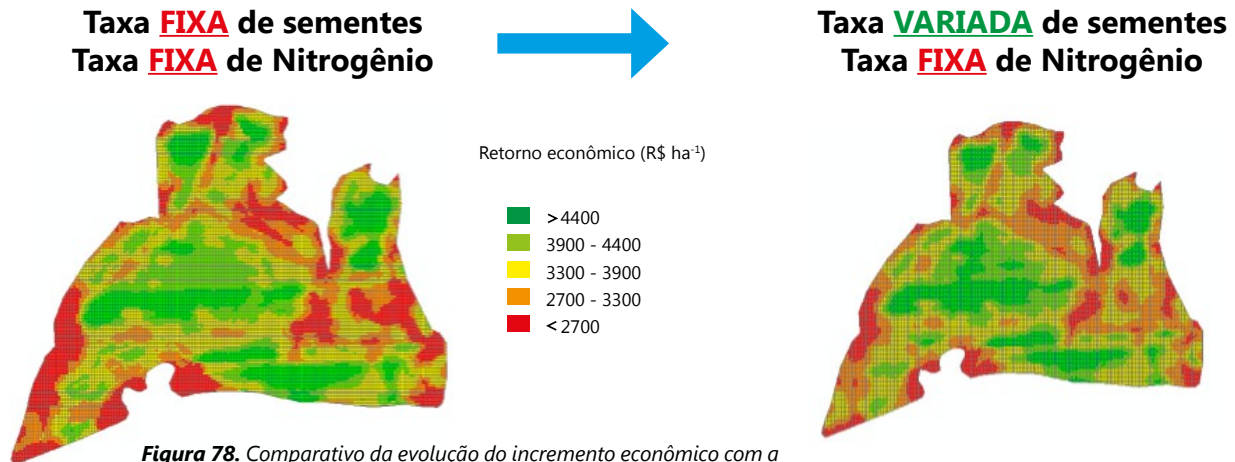


Figura 78. Comparativo da evolução do incremento econômico com a utilização da taxa variada de sementes. Fonte: Projeto Aquarius.

2 – Com o ajuste da dosagem de Nitrogênio por zona de manejo, na zona de alto potencial produtivo, o aumento de produção foi de 23 sc/ha, resultando em um retorno econômico de R\$ 18.000,00 em 132 ha.

Mapa de retorno econômico

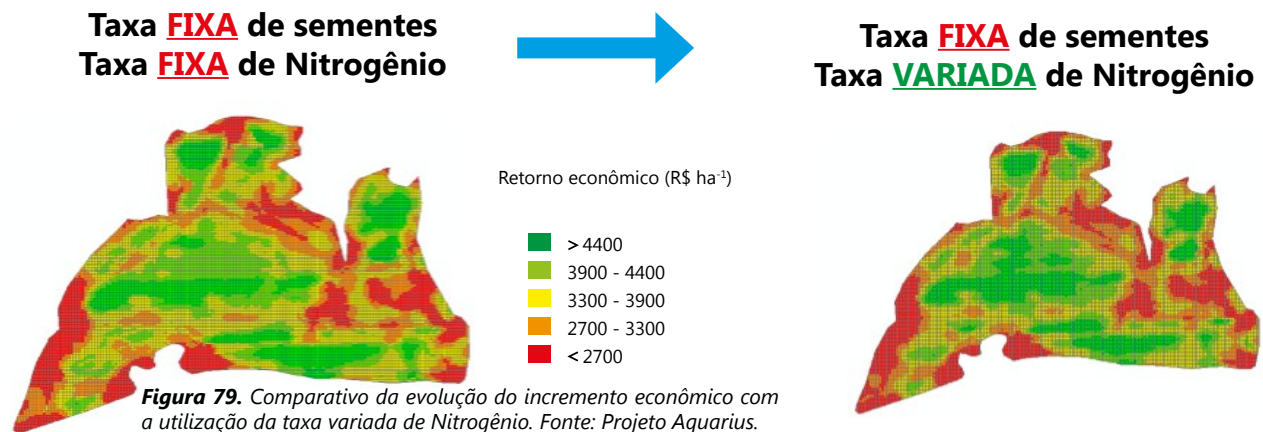


Figura 79. Comparativo da evolução do incremento econômico com a utilização da taxa variada de Nitrogênio. Fonte: Projeto Aquarius.

3 – Com o ajuste da dosagem de Nitrogênio aliado a utilização da melhor população de plantas por zona de manejo se obteve um aumento de produtividade de 39,5 sc/ha, resultando em um retorno econômico de R\$ 48.000,00 em 132 ha.

Mapa de retorno econômico

Taxa **FIXA** de sementes
Taxa **FIXA** de Nitrogênio



Taxa **VARIADA** de sementes
Taxa **VARIADA** de Nitrogênio

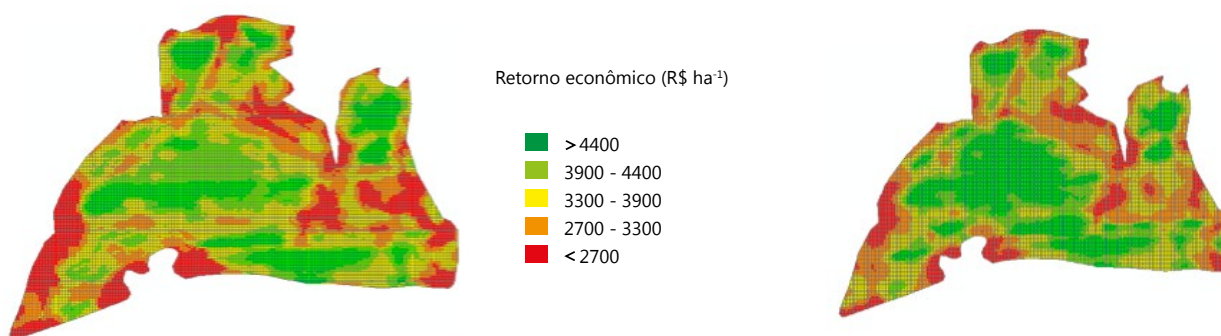


Figura 80. Comparativo da evolução do incremento econômico com a utilização da taxa variada de sementes aliada a melhor dose de Nitrogênio em cada zona de manejo. Fonte: Projeto Aquarius.

Após a realização deste trabalho, concluiu-se que a soma de diversas tecnologias é o fator que eleva os índices de produtividade. Quando realizado o ajuste de doses de Nitrogênio conforme as zonas de manejo, obteve-se um retorno econômico de R\$18.000,00 em 132ha. Quando realizado o ajuste de população de plantas de acordo com as zonas de manejo, tivemos um resultado de R\$30.000,00 de retorno econômico em 132ha. Quando adotada a população variada de sementes aliada a melhor dose de Nitrogênio em cada zona de manejo se obteve um retorno econômico de R\$48.000,00 em 132ha.

Obs.: Os dados de valores de comercialização da commodities foram baseados nos valores de mercado da safra 2014/15.

Em 2015, o programa Ciclus da Cotrijal alcançou 15% dos produtores da Cotrijal. As reamostragens de solo (algumas áreas já na terceira) confirmam que a fertilidade do solo foi uniformizada e aumentada pela taxa variada de fertilizantes. As produtividades das culturas foram incrementadas significativamente.

Em 2015 o Projeto Aquarius completou 15 anos de atividades ininterruptas, com 12 participações consecutivas na Expodireto Cotrijal.



Figura 81. Projeto Aquarius comemora 15 anos de atividades ininterruptas na Expodireto Cotrijal 2015. Fonte: Projeto Aquarius.

Nessa edição da feira, o Projeto Aquarius prestou uma homenagem aos produtores que fizeram parte desses 15 anos de caminhada



Figura 82. Produtores recebendo a homenagem na Expodireto Cotrijal 2015. Fonte: Projeto Aquarius.



Também no ano de 2015, foi realizado o 3º APSUL América, no parque da Expodireto Cotrijal em Não-Me-Toque/RS. A programação do evento contou com painéis, debates, palestras, visitas técnicas orientadas, apresentação de trabalhos técnico científicos e contou com a exposição de equipamentos e máquinas precisas.

No total de 3 edições, o evento reuniu 60 expositores e cerca de 9.700 participantes entre estudantes, pesquisadores, prestadores de serviço e produtores rurais.



Figura 83. Página inicial do site do Projeto Aquarius. Fonte: Projeto Aquarius.

Ao final do ano de 2016, o site do Projeto Aquarius contabilizou mais de 77.000 acessos, comprovando a referência como fonte de pesquisa para artigos, dissertações e teses.

Para mais informações acesse: www.ufsm.br/projetoaquarius

Considerações Finais

As relações entre a Universidade com a indústria de máquinas agrícolas, de sementes, de fertilizantes, cooperativas agrícolas e agricultores inovadores ainda é incipiente no Brasil. No entanto, o estabelecimento de uma rede de cooperação entre estas instituições é reconhecida mundialmente como uma poderosa estratégia de inovação e de avanço tecnológico no setor primário. O Projeto Aquarius na sua origem estabeleceu uma rede de colaboração de modo que cada empresa parceira aportasse as suas soluções, produtos e inovações que foram aplicadas em talhões manejados por agricultores com perfil inovador e por um período de tempo suficiente para que os resultados fossem consolidados. Cada tecnologia ou solução, quando aplicada isoladamente, tem um efeito relevante, porém quando aplicadas em conjunto e de forma complementar tem um efeito sinérgico muito mais importante. Assim, no Projeto Aquarius foi possível entender que o manejo sítio-específico da fertilização e correção do solo deve ser complementado com uma semeadura precisa, com sementes de qualidade, com pulverização de agroquímicos eficientes e, finalmente, com rastreabilidade da produtividade através dos mapas de colheita. De posse destas informações, novas intervenções são realizadas sempre buscando maior eficiência. Planejar as intervenções com uma abordagem sistêmica é um desafio para a pesquisa agrícola. Neste sentido, a participação dos agricultores inovadores foi fundamental, pois a sua percepção permitiu aprimorar equipamentos e desenvolver novas tecnologias.

Durante os seus dezessete anos, o Projeto Aquarius passou por diversas etapas com destaque na validação de tecnologias, na comprovação de viabilidade técnica e econômica, no treinamento e formação de recursos humanos no desenvolvimento de novos produtos e divulgação dos resultados. Muitos produtos e equipamentos foram gerados e aperfeiçoados, palestras proferidas, exposições realizadas nas principais feiras e novas empresas de consultoria especializada foram criadas no âmbito do Projeto. Neste período, o Projeto serviu como um importante balizador para a expansão da Agricultura de Precisão no Brasil, restando a certeza de que há muito ainda por fazer. Vida longa e produtiva ao Projeto Aquarius!

Referências Bibliográficas

BLACKMORE, S., GODWIN, R., FOUNTAS, S., 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering*, 84 (4), 455-466.

BRAGAGNOLO, J.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S.; JASPER, J.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T.G. 2013 Optical crop sensor for variable-rate nitrogen fertilization in corn: I - plant nutrition and dry matter production. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, v. 37, p. 1288-1298

BUTZEN, S. 2011. Optimizing Seeding Rates for Corn Production. *Crop Insights, Pioneer Agronomy Sciences*. vol. 21. n. 17. p. 2.

Era de Aquarius. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Era_de_Aquarius > Acesso em 15/04/2015.

Plant R, Pettygrove G, Reinert W. 2000. Precision agriculture can increase profits and limit environmental impacts. *Cal Ag* 54(4):66-71. DOI: 10.3733/ca.v054n04p66.

MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. 1999. Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos. EM-BRAPA Solos.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1997. Precision agriculture in the 21st century: Geospatial and information technologies in crop management. Washington, National Academy Press. 149 pp.

NYS Geospatial Can Grow (and Fly) with Agriculture. 2014. eSpatially New York. Disponível em: < <http://espatiallynewyork.com/2014/02/04/nys-geospatial-can-grow-and-fly-with-agriculture-2/> > Acesso em: 20/04/2015



Knowledge grows

PROJETO.
Aquarius

