

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331174345>

[Edição 99] Maximização da produtividade em áreas sob plantio direto

Article · February 2007

CITATION

1

READS

6

2 authors, including:



Telmo Jorge Carneiro Amado

Universidade Federal de Santa Maria

258 PUBLICATIONS 3,716 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



soil carbon [View project](#)



Projeto Aquarius UFSM - Federal University of Santa Maria- Soil department/Agricultural engineering department [View project](#)

Maximização da produtividade em áreas sob plantio direto

A capacidade de armazenamento de água no solo está limitando a produtividade em sua lavoura? Como vamos proceder quando os atributos químicos do solo já apresentam valores dentro de limites satisfatórios preconizados pelas recomendações e comissões de pesquisa e ainda existem variações de produtividade?

Antônio Luis Santi¹ & Telmo Jorge Carneiro Amado²



A ciência e a tecnologia da agricultura moderna têm comprovado sua capacidade em produzir quantidades crescentes de alimentos a ponto de suprir momentaneamente, e talvez até por algumas décadas, a demanda alimentar mundial. Neste contexto, devem-se identificar as limitações à produção para que se possa proceder as intervenções necessárias para eliminar ou diminuir possíveis variações de produtividade.

A eficiência de produção pode ser definida como a maior retirada possível da parte da planta economicamente útil, de melhor qualidade, por unidade de área, sem degradar o ambiente (Fageria, et al. 1999). Sob tal conceito, o Sistema Plantio Direto (SPD) procura favorecer o desenvolvimento das plantas proporcionando a minimização de estresses de natureza diversa, pela melhoria da qualidade do solo. Estratégias de manejo como a época de semeadura que favorecem a coincidência de estádios fisiológicos críticos da cultura com condições favoráveis de oferta dos fatores de produção, como temperatura, luminosidade e em especial a água.

Isso significa que a eficiência de produção tem componentes quantitativos e qualitativos e, além disso, é um fenômeno biológico e, como tal, dinâmico na natureza e, para que funcione efetivamente, é essencial que seu ambiente esteja em um nível ótimo. Assim, quando se busca o entendimento do potencial produtivo das culturas ou a ocorrência de variações de produtividade dentro de uma área de cultivo, que é o pressuposto básico que justifica trabalhar com agricultura de precisão, torna-se fundamental o conheci-

mento de um conjunto de informações e o conhecimento de suas relações.

Nesse sentido, atualmente está se buscando através de tecnologias como a agricultura de precisão "reajustar" algumas práticas de manejo no SPD como a melhoria da fertilidade do solo, no seu sentido mais amplo, que possibilitem o incremento da produtividade das culturas. Quando se busca esse entendimento dentre os vários atributos existentes (químicos, físicos e biológicos), há controvérsia sobre quais os atributos utilizar para caracterizar que um solo tem qualidade. Pensando no dia a dia das nossas lavouras, a pergunta que podemos fazer é: Como vamos proceder quando os atributos químicos do solo já apresentam valores dentro dos níveis satisfatórios preconizados pelas recomendações dos institutos de pesquisa e ainda persistem variações na produtividade?

O manejo adequado do solo deve englobar um conjunto de práticas agrícolas que proporcionem as seguintes condições: retenção da água da chuva próximo daonde ela cai evitando o escoamento na superfície do solo; incremento da taxa de infiltração de água no solo; redução da velocidade de escoamento superficial da água que exceder a infiltração no solo; aumento da capacidade de armazenamento de água no solo e melhoria das condições físico-químicas para o desenvolvimento das culturas (Denardin, 1984). Nesse sentido, a compreensão do comportamento de características físicas do solo, como a taxa de infiltração, pode ser de grande valia para o entendimento das causas da variabilidade na produção das culturas. Mesmo de aparência homogênea, essas características

¹ Eng^o. Agr^o. Doutor em Ciência do Solo, Sócio-Proprietário e Gerente Técnico da empresa Prática Assessoria Agrônômica, E-mail: santi_pratica@yahoo.com.br;

² Eng^o. Agr^o. Prof. Dr., Bolsista do CNPq, Coordenador Técnico do Projeto Aquarius, Professor da disciplina de Agricultura de Precisão do Curso de Pós-Graduação em Engenharia agrícola (UFMS). E-mail: tamado@smail.ufsm.br.

Agradecimentos

É reconhecido o apoio prestado pela Fundação Agrisus – Agricultura Sustentável e sua conveniada a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ) que financiaram esse projeto. Em especial ao Dr Fernando Cardoso que foi um incentivador deste trabalho. A família Sulzbach e ao projeto Aquarius pela cessão das áreas experimentais.

CULTURA DA SOJA NA SAFRA 2004/05



ção a média de cada safra e sobrepostos de modo que pudessem ser comparados diferentes anos e culturas de forma espacializada (Santi, 2007).

A unidade de alta produtividade, nos dois locais, apresentou a maior taxa de infiltração, independente do método de avaliação utilizado. Houve uma maior taxa de infiltração na unidade de alta produtividade, decrescendo na de média e na de baixa produtividade. Na área de Palmeira das Missões, nos primeiros cinco minutos de leitura (método do infiltrômetro "Jari Grande"), os locais com alta produtividade apresentaram uma taxa de infiltração de 100% e 200% superior a verificada nos locais de média e baixa produtividade, respectivamente. Após 120 minutos de teste, a taxa de infiltração se igualou nos locais de média e baixa produtividade, enquanto que no local de produtividade elevada, a taxa era 100 % superior. Em Não-Me-Toque, embora com magnitudes menores a tendência dos resultados foi mantida, a taxa de infiltração nos primeiros cinco minutos foi 95 % superior aos demais locais avaliados, e mesmo após 120 minutos de avaliação infiltrou 75 % a mais em relação à taxa inicial de infiltração, obtida nos locais de média e baixa produtividade na lavoura.

Na área de Palmeira das Missões, ao final do teste de infiltração a diferença na infiltração de água acumulada entre os locais de alta produtividade (600 mm) e de baixa produtividade (192 mm) foi de 408 mm (213 % superior). Na área de Não-Me-Toque, os valores numéricos foram menores, mas demonstraram a superioridade na taxa de infiltração acumulada dos locais de elevado rendimento (288 mm), em relação aos locais de baixo rendimento (136 mm), com uma diferença

físico-hídricas do solo podem apresentar considerável variabilidade espacial com conseqüentemente reflexo na produtividade das culturas.

Em condições de lavoura no Sul do Brasil o que se observa é que mesmo em situações com grandes adições de resíduos na superfície e restrição ao tráfego de máquinas, podem ocorrer perdas de água por escoamento superficial, gerando a perda de camadas de solo, nutrientes e a contaminação de mananciais hídricos. A retirada dos terraços e a semeadura no sentido da declividade são práticas que agravam este processo. Para as condições americanas, Cooper (2003) identificou com certa facilidade que o principal fator limitante ao rendimento de culturas como a soja era a disponibilidade de água. Porém, ele faz a ressalva que o teto de rendimento deve ser considerado nesta análise. Assim, para rendimentos de até 3.000 kg ha⁻¹ (50 sacos ha⁻¹), a disponibilidade de água não seria o principal fator limitante para a maioria das lavouras do centro-oeste americano. No entanto, para rendimentos superiores, como os alcançados em pesquisa de produtividade máxima (> 5000 kg ha⁻¹), a disponibilidade de água foi o principal fator limitante ao rendimento em praticamente todos os anos.

Utilizando-se as ferramentas da agricultura de precisão procurou-se investigar as relações entre a qualidade física do solo e o rendimento das

culturas de grãos. Para tanto, utilizou-se mapas de rendimento obtidos através de colhedoras MF34 equipada com sensores de rendimento. Assim, adotando-se a estratégia de seleção de zonas com distintos potenciais produtivos (alto, médio e baixo) procurou-se avaliar em duas áreas de lavouras (Figura 1) manejadas no SPD há mais de doze anos (plantio direto consolidado) com condições de fertilidade em níveis adequados a qualidade física do solo (porosidade, infiltração de água, agregação e resistência a penetração – compactação) e suas relações com a produtividade no Estado do RS. Para tanto, um conjunto de seis mapas de rendimento (Palmeira das Missões) e quatro mapas de rendimento (Não Me Toque) foram normalizados em rela-



Figura 1. Vista das áreas estudadas a) Palmeira das Missões e b) Não me toque e da variabilidade na produtividade em um conjunto de safras sobrepostas.

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO



ZONA DE BAIXA PRODUTIVIDADE
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO: 4,3 MPa
DENSIDADE: 1,56 g cm⁻³ (10 - 20 cm)
MACROPOROSIDADE: 10, 2 % (10-20 cm)
AGREGAÇÃO: 43 % > 4,76 mm
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA: 164 mm

ZONA DE ALTA PRODUTIVIDADE
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO: 3,5 MPa
DENSIDADE: 1,46 g cm⁻³ (10 - 20 cm)
MACROPOROSIDADE: 11,5 % (10-20 cm)
AGREGAÇÃO: 55 % > 4,76 mm
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA: 444 mm

de 152 mm (112 %). Assim, a eficiência da fertilização mineral, por exemplo, pode ser comprometida, principalmente nas subáreas compactadas, que restringem o desenvolvimento radicular ou dificultam a infiltração, o armazenamento e a disponibilidade de água às plantas.

Na busca de um método prático de campo, também foram realizadas determinações da infiltração de água no solo através do método proposto pelo Soil Quality Test Kit Guide (USDA-ARS, 1998). Este método consiste em colocar um volume de água predeterminado em um cilindro de metal sob a superfície do solo e registrar o tempo necessário para toda a água infiltrar. O método mostrou-se sensível e eficiente na definição das áreas potenciais produtivas sendo capaz de discriminar as zonas de alta produtividade das zonas de média e baixa produtividade. Percebe-se que a diferença na taxa de infiltração entre as zonas de alta e baixa produtividade é tão elevada que mesmo um método mais simples foi capaz de discriminar as zonas. Este resultado sugere que métodos mais simples possam ser utilizados em lavouras visando estimar a infiltração de água no solo distinguindo pelo menos as zonas com maior variabilidade na qualidade física do solo.

Considerando que as áreas avaliadas tem um histórico de manejo em sistema plantio direto a mais de dez anos, durante as determinações de permeabilidade foi possível observar, em algumas das repetições, que a presen-

ça de galerias de corós (*Diloboderus abderus*) modificou completamente a permeabilidade do solo.

Após 120 minutos de avaliação, a taxa de infiltração, no local de alta produtividade, foi duas vezes superior a observada no local de baixa produtividade. Quando da presença de galerias de corós, a diferença foi de quatro e oito vezes maior que a determinada nas unidades de alta e baixa produtividade, respectivamente. Esse mesmo com-

portamento foi expresso na taxa de infiltração acumulada.

Casos como o desse trabalho demonstram e consolidam a importância de se adotar estratégias visando elevar os teores de matéria orgânica do solo, especialmente nas áreas com baixo potencial de rendimento, como um pré-requisito à melhoria nas propriedades físicas como a agregação, densidade e a porosidade, com efeitos conjuntos sobre a fertilidade do solo, infiltração e retenção de água e implicações diretas na produtividade das culturas.

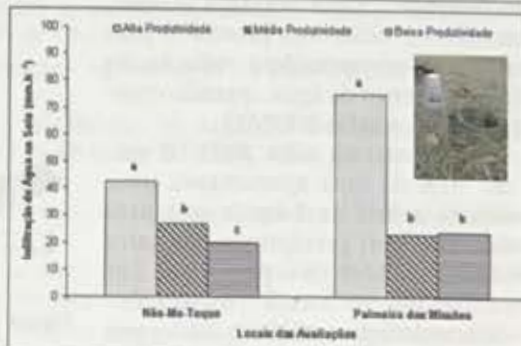
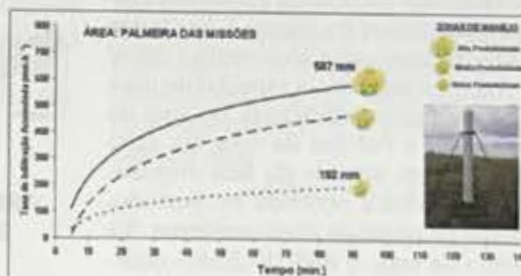
O grande número de bioporos encontrados nas avaliações de campo, em locais de alta produtividade, ajudam a entender a necessidade de se buscar a melhoria da qualidade física do solo através da atividade biológica e, conseqüentemente, gerar melhorias na permeabilidade do solo, por possibilitarem um fluxo preferencial de água através das galerias produzidas pelos organismos do solo ou mesmo facilitar o crescimento radicular.

Dentro desse contexto, procurou-se ampliar o conhecimento sobre a variabilidade espacial desses atributos, ou seja, detectar a existência de certa estrutura ou grau de organização na distribuição espacial dos parâmetros estudados. Assim, foram utilizados os dados de precipitação acumulada durante cada ciclo cultural, dividi-

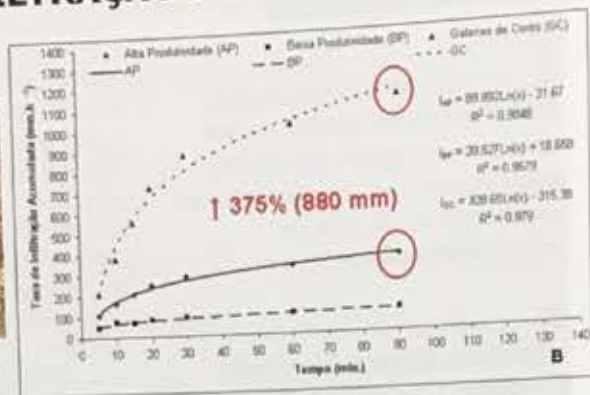
MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E SEUS RESULTADOS



A = Infiltrômetro "Jari Grande"
 B = Soil Quality kit Guide/USDA - ARS
 C = Cornell Sprinkle Infiltrometer



INFLUÊNCIA DE GALERIAS DE CORÓS NA TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO



O aumento da atividade biológica potencializa a permeabilidade do solo por possibilitar um fluxo preferencial de água através das galerias produzidas pelos organismos do solo, independente de se tratar de uma região de alta, média ou baixa produtividade;

do pelos valores de produtividade em 58 pontos amostrais em uma das áreas no intuito de mapear e identificar, no campo, os locais que estariam tendo maior e menor eficiência do uso da água.

A precipitação média acumulada durante o ciclo da cultura da soja na safra 2000/01 foi de 912 mm, para a cultura do milho na safra 2001/02, de 622 mm, para a cultura da soja safra 2002/03, de 1.195 mm, para a cultura do trigo safra 2003 uma precipitação de 649 mm, para a cultura da soja safra 2003/04, 897 mm e durante a cultura do milho safra 2004/05, de 518 mm.

A eficiência do uso da água (kg de grão produzido/mm de chuva precipitado) em cada safra e em cada cultura encontra-se na Figura 2. Em todos os mapas, com exceção do milho 2004/05, há uma tendência espacial de uma zona de maior eficiência de uso da água. Para a cultura da soja, na safra 2002/03, em virtude da boa disponibilidade hídrica ocorrida no período, o mapa mostrou-se mais uniforme. Na cultura da soja, o déficit hídrico ocorrido durante a safra 2003/04 evidenciou mais os locais com prováveis problemas de compactação e redução do armazenamento da água, quando comparado com a safra 2002/03.

Enquanto na safra 2002/03 cerca de 30% da área apresentava uma eficiência acima de 3 kg de soja produzido por mm precipitado, na safra 2003/04 essa área caiu para 14%. Em contrapartida, os locais com eficiência do uso da água inferior a 2,5 kg por mm precipitado, que na safra 2002/03 perfaziam 15% da área, passaram a re-

presentar 54% da área na safra 2003/04.

Para a cultura do milho, parece haver uma inversão entre anos com boa disponibilidade hídrica e com déficit hídrico. No entanto houve coerência entre as duas safras, em uma

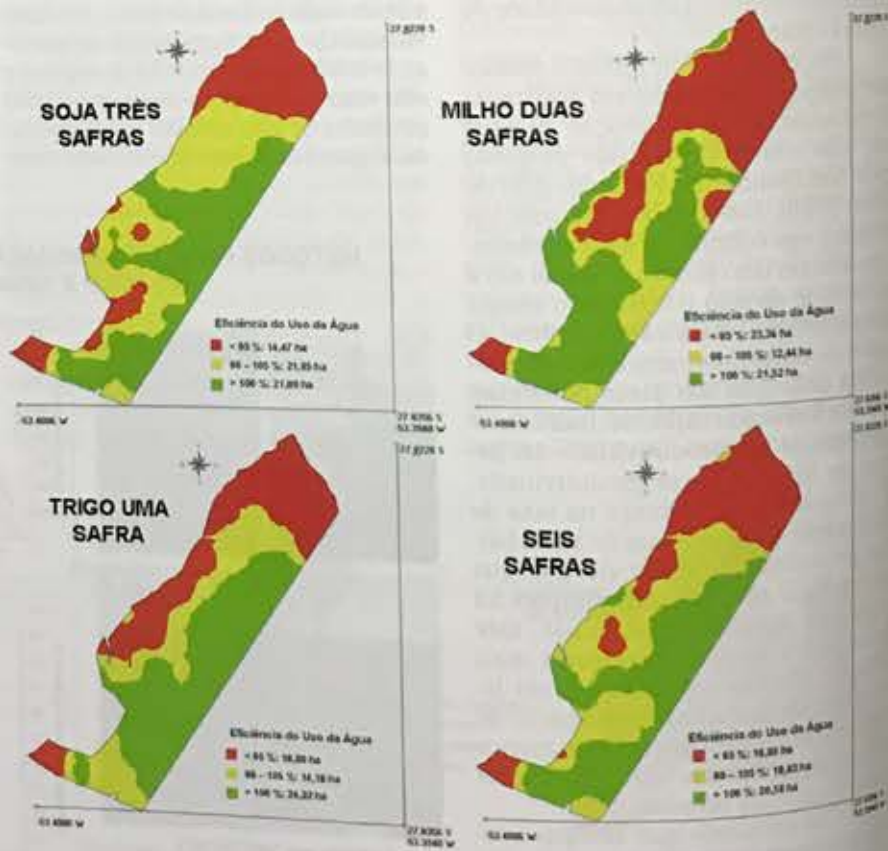


Figura 2. Eficiência relativizada em relação a média da lavoura quanto o uso da água para a cultura da soja (sobreposição de três safras) para a cultura do milho (duas safras), da cultura do trigo (uma safra) e para a área geral (sobreposição de seis safras).

região localizada ao norte da área, caracterizando esse local como de baixa eficiência. Isso fica mais bem caracterizado na Figura 2, pois tanto para a cultura da soja como do trigo se repetiu essa tendência.

As culturas do trigo e do milho mostraram ser mais eficientes, quando comparadas com a cultura da soja, em separar zonas de manejo e caracterizar locais de alto e baixo potencial produtivo. A zona de baixa eficiência de uso da água compreende 29% da área, a zona de média eficiência 35% e a zona de alta eficiência 36%. Na média das seis safras a zona de alta eficiência é superior à zona de baixa e de média eficiência da lavoura, constatou-se que nessa área está havendo um desequilíbrio ao longo dos anos, em anos de boa disponibilidade hídrica, se ganha em produtividade, em outros anos com limitações hídricas se perde.

Na Figura 3 desenvolvida a partir do mapa de rendimento acumulado de seis safras observa-se que a zona de baixo potencial de rendimento (Figura 3a), corresponde a zona de baixa



Figura 3. Variação da produtividade das culturas (A) devido a presença de variabilidade na eficiência do uso da precipitação (B) e do uso dos fertilizantes (C).

eficiência de uso da precipitação (Figura 3b) e de baixa eficiência de uso do fertilizante (Figura 3c). Com isto pode-se deduzir que o investimento realizado em fertilizantes pode não ter o retorno esperado pelo produtor se a sua lavoura apresentar locais com problemas de armazenamento de água e restrições ao desenvolvimento radicular das culturas.

Assim, os resultados obtidos neste trabalho concordam com teorias e suposições de autores como Mielniczuk (1999) que existe uma interação dinâmica e complexa entre as propriedades do solo, e em especial sob os sistemas conservacionistas ocorrem laços de retro-alimentação positivos, que impulsionam o sistema a um processo de melhoria da sua capacidade produtiva, fruto da interação entre os constituintes químicos, físicos e biológicos do solo. Isso sugere que outros indicadores do potencial produtivo do solo devem ser buscados, que não ape-

nas aqueles de ordem química para entender o potencial produtivo.

O monitoramento da capacidade de armazenamento e a disponibilidade de água nas áreas de plantio direto (Figura 3), deve merecer a atenção dos produtores especialmente naquelas lavouras nas quais as principais limitações de fertilidade do solo já foram equacionadas. Esta avaliação torna-se importante, pois há evidência de que esse atributo possa ser o principal determinante da variabilidade de rendimento observado em áreas de plantio direto consolidado.

Conclusões

As áreas de maior potencial produtivo foram as que apresentaram as maiores taxas de infiltração, seguidas pelas áreas de média e baixa produtividade, independente do método utilizado.

Os três métodos utilizados foram eficientes em identificar as diferenças na permeabilidade do solo nas unidades de alta, média e baixa produtividade.

Os locais de alta produtividade foram os que apresentaram o maior tempo para o início do escoamento superficial, seguidos pelas áreas de média e baixa produtividade.

A atividade biológica favoreceu a permeabilidade do solo, por possibilitar um fluxo preferencial de água através das galerias produzidas pelos organismos do solo.

A área estudada apresenta 29% da área com baixa eficiência de uso da água, 35% da área com média eficiência e 36% da área com alta eficiência. Esses locais também apresentam menor eficiência de uso dos fertilizantes. Ou seja, a restrição ao armazenamento de água no solo comprometeu a eficiência do uso de fertilizantes e, conseqüentemente, a produtividade das culturas.

Referências Bibliográficas

- AMADO, T.J.C. & SANTI, A.L. Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo. In: Manejo da Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto. FIORIN, J.E. - PASSO FUNDO: Berthier, 2007, p. 99-144.
- COOPER, R.L. Pesquisa sobre produtividade máxima da soja nos EUA. Informações Agronômicas - POTAFOS, n.101, março de 2003.
- DENARDIN, J.E. Manejo adequado do solo para áreas motomecanizadas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1. SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., 1984, Passo Fundo. Anais. Passo Fundo, PIUCS e UPF - Faculdade de Agronomia, 1984. p.107 - 124.
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. Maximização da eficiência de produção das culturas. Brasília - EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999, p.294.
- MIELNICZUK J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds) Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo - Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 01-08.
- SANTI, A.L. Aprimoramento do manejo do solo utilizando as ferramentas da agricultura de precisão. 2007. Tese de doutorado - no prelo. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- USDA-ARS Soil quality test kit guide, Soil Quality Institute, USDA/ARS.1998.