

# Propriedades físicas do solo e rendimento de grãos de trigo em função de manejo do solo e uso de bioestimulantes<sup>1</sup>

Vilson Antonio Klein<sup>2</sup>, Luciano Leite Navarini<sup>3</sup>, Claudia Klein<sup>3</sup>, Lucas Oliveira da Costa<sup>4</sup>, Elias Abel Barbosa<sup>4</sup>, Vinícius Augusto Steffler<sup>4</sup>

**Resumo** - O sistema radicular das plantas necessita de condições físicas, químicas e biológicas favoráveis para o seu crescimento. Tecnologias têm sido propostas com intuito de minimizar condições adversas a esse crescimento, aumentando o rendimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de manejos de solo sobre as propriedades físicas do solo e da utilização de bioestimulantes sobre o rendimento de grãos de trigo. O experimento constou de três manejos de solo (plantio direto – PD, plantio direto escarificado – PDE, e solo arado – SA) e o uso de dois tipos de bioestimulantes aplicados via tratamento de sementes. De modo geral, os preparos de solo com escarificador e arado melhoraram as propriedades físicas do solo em relação ao solo não mobilizado sob plantio direto. O intervalo hídrico ótimo (IHO) para uma mesma densidade foi maior no PDE quando comparado aos manejos arado e PD. O rendimento de grãos de trigo não foi afetado pelo uso de bioestimulantes, mas na média produziu menos no PD do que no PDE e SA.

**Palavras-chave:** Escarificação. Plantio direto. Intervalo hídrico ótimo.

## Soil physic properties and wheat grain yield under soil management and bioestimulant use

**Abstract** - The plant root system need favorable physical, chemical and biological conditions to the growth. Technologies have been proposed in order to minimize adverse conditions to this growth, increasing plant yield. This study aimed at evaluating the effect of different soil managements and plant growth biostimulants use on wheat seed treatment. The experiment consisted of three soil management (no-tillage – NT, no-tillage chiseled – NTC, plowed – PL) and three seed treatments (Stimulate, Booster and control). The soil tillage with chisel and plow increased de physical soil properties and no tillage system. The least limiting water range (LLWR) for the same density was higher under NTC than NT and PL. The higher wheat grain yield was obtained under NTC and PL management, differing from NT. Biostimulants used via seed did not influence the grain yield.

**Key words:** No-tillage. Soil chisseled. Least limiting water range.

---

<sup>1</sup> Manuscrito recebido em 05/04/2013 e aceito para publicação em 23/05/2014.

<sup>2</sup> Doutor. Professor da Universidade de Passo Fundo. Campus Universitário, Bairro São José, Passo Fundo-RS, CEP 99010-970. E-mail: vaklein@upf.br

<sup>3</sup> Engenheiros Agrônomos, Doutorandos do PPGAgro/FAMV/UPF.

<sup>4</sup> Acadêmicos de Agronomia FAMV/UPF. Bolsistas Pibic.

Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 19, ns.1/2, p. 24-32, 2013.

## Introdução

A compactação do solo é considerada uma das maiores limitações ao rendimento das culturas no mundo, pois afeta o crescimento do sistema radicular, diminui a capacidade de infiltração de água, reduz a disponibilidade de nutrientes, resultando em uma pequena camada a ser explorada pelas raízes (FREITAS, 1994). Devido à grande dependência de outros fatores, principalmente a umidade do solo, no período do desenvolvimento radicular, o efeito da compactação no rendimento das culturas é difícil de ser avaliado.

A compactação reduz a umidade do solo e a porosidade de aeração, afetando o suprimento de oxigênio às raízes (BORGES et al., 1999), afeta a disponibilidade de nutrientes, como o fósforo, pela dificuldade proporcionada ao crescimento do sistema radicular, e potencializa a absorção de elementos em níveis tóxicos às plantas, como o manganês. Assim o monitoramento da compactação do solo é importante para o planejamento das práticas de cultivo, a fim de maximizar a rentabilidade agrícola (TORRES e SARAIVA, 1999).

É comum verificar maiores rendimentos em áreas conduzidas sob sistema plantio direto, quando comparadas a áreas sob preparo que receberam a mesma adubação mas que estão menos estruturadas fisicamente e apresentam menor quantidade de palha. Além dos efeitos da palha sobre a dinâmica da água no solo, ela beneficia sua estruturação, que por sua vez melhora a distribuição dos poros. Logo, são as propriedades físicas do solo que interferem de forma decisiva na absorção de água e nutrientes pelas raízes, pois as condições físicas do solo possuem relação direta com os processos físico-químicos ligados à absorção de nutrientes pelas plantas (DENARDIN et al., 2005).

Segundo Klein (2008), solos sob sistema plantio direto (SPD) tendem a ter maior densidade do que solos preparados, o que aumenta a retenção de água, porém, nem sempre está disponível às plantas. Klein et al. (2008), avaliando o volume de poros livres de água em Latossolo Vermelho sob plantio direto e cultivado com trigo, observaram que durante 957 horas do seu ciclo havia menos de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de poros livres de água, condição considerada inadequada, e que afetou o rendimento do trigo.

O intervalo hídrico ótimo (IHO) é a faixa de umidade do solo na qual as limitações ao desenvolvimento das plantas são mínimas, isto é,

há máxima disponibilidade de água às plantas, sem limitações de energia de retenção, sem excesso de resistência mecânica do solo à penetração, nem deficiência de aeração (KLEIN, 2014). Esse parâmetro tem sido proposto e utilizado pela comunidade científica como indicador de qualidade física do solo, pelo fato de ser sensível às variações no manejo e ser acessível e aplicável no campo (BEUTLER et al., 2009).

Em geral, as plantas respondem aos estresses ambientais. A sobrevivência, independentemente do estágio de crescimento, depende da velocidade com que são capazes de responder aos estímulos externos, ajustando o seu metabolismo a essas flutuações. Esses estímulos podem variar de uma pequena redução quase imperceptível no desenvolvimento até a morte da planta, e isso indica o quanto a planta é hábil em resistir e se aclimatar a condições estressantes (FREITAS e LAUXEN, 2003).

Bioestimulantes são substâncias naturais ou sintéticas, consideradas reguladores vegetais, que podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (CASTRO e VIEIRA, 2001).

Os bioestimulantes são produtos relativamente novos no mercado e sua utilização vem aumentando anualmente, porém, há poucos trabalhos científicos que denotem a eficiência ou não da utilização destes produtos via tratamento de semente de culturas anual de grãos, fazendo-se necessário aprofundar os estudos sobre o produto em questão (FERREIRA, 2006; MACEDO et al., 2002).

A utilização de bioestimulantes que auxiliam no desenvolvimento radical das culturas age em rotas metabólicas secundárias, prevendo melhorar as respostas das culturas aos estímulos do meio (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Estudos realizados por Castro e Vieira (2001), sobre a aplicação de bioestimulantes em soja (*Glycine max* L.), e por Alleoni; Bosqueiro e Rossi (2000), na aplicação do mesmo produto em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), obtiveram maiores valores de crescimento radical, bem como acréscimos significativos na produção de grãos e de massa seca por planta. Em contrapartida, Ferreira et al. (2007), em aplicações de bioestimulantes em milho, via sementes, não encontraram diferenças significativa para produtividade, mas

encontraram diferença para massa seca de raízes e da parte aérea.

Quando as plantas são cultivadas em um ambiente favorável ao desenvolvimento, é difícil identificar os efeitos dos bioestimulantes. Porém, quando submetidas a condições de estresse, plantas cultivadas com esses produtos mostram um melhor desempenho, pois desenvolvem um melhor sistema de defesa devido ao incremento no nível dos antioxidantes (KARNOK, 2000; LONG, 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de manejos de solo sobre suas propriedades físicas e utilização de bioestimulantes sobre a produtividade de trigo.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho Distrófico húmico em área sob sistema plantio direto consolidado e com rotação de culturas (inverno – aveia ou trigo, e verão – milho ou soja).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e oito repetições, sendo o plantio direto (PD), plantio direto escarificado (PDE), e solo arado (SA) as parcelas principais. As subparcelas foram constituídas dos tratamentos de semente com bioestimulantes: Stimulate<sup>®</sup> (4 mL kg<sup>-1</sup>), Booster<sup>®</sup> (1 mL kg<sup>-1</sup>) e a testemunha.

Para implantação dos tratamentos de solo, utilizou-se no PDE um escarificador modelo Jumbo-Matic, equipado com cinco hastes de formato parabólico com discos de corte, trabalhando a uma profundidade média de 25 cm. Para o manejo SA, utilizou-se um arado reversível marca Jan, com três discos de 28 polegadas, regulado para operar em uma profundidade de 20 cm. No manejo PD, não foi feito nenhum preparo do solo.

O trigo foi semeado utilizando-se uma semeadora marca Semeato, modelo SHM15/17 Rot, com sulcador de discos duplos. O espaçamento entre linhas de 0,17 m, densidade de 250 sementes viáveis por metro quadrado e profundidade média de semeadura de 3 cm.

Amostras de solo indeformadas foram coletadas até 20 cm de profundidade, em camadas de 5 cm, após transcorridos sete meses da implantação do experimento. Com amostras sem estrutura preservada, realizou-se o ensaio de Proctor normal, para obtenção da densidade do solo máxima.

As amostras indeformadas foram submetidas a distintas tensões, utilizando funis de placa porosa e câmaras de Richards e posteriormente determinada a resistência mecânica do solo à penetração utilizando penetrômetro eletrônico de bancada.

Os poros do solo foram classificados em macroporos, aqueles com diâmetro maior que 0,05 mm, ou seja, os poros vazios quando a amostra foi submetida a tensões inferiores a 6 kPa; microporos, aqueles com diâmetro entre 0,05 e 0,0002 mm, ou seja, poros esvaziados em tensões entre 6 e 1500 kPa. Os criptoporos, poros com diâmetro inferior a 0,0002 mm (KLEIN e LIBARDI, 2002), foram calculados a partir da equação proposta por Klein et al. (2010), que permite obter a umidade gravimétrica do solo (Ug) em função do teor de argila.

O intervalo hídrico ótimo (IHO) foi elaborado a partir da metodologia descrita por Klein (2014). Iniciando pela obtenção das equações de ajuste para os teores de água no solo na capacidade de campo (tensão de 6 kPa), ponto de murcha permanente (tensão 1500 kPa), resistência à penetração de 2 MPa e porosidade de aeração de 0,1 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

A partir das equações, obteve-se o IHO com os limites superiores e inferiores variando conforme a densidade do solo, também definiu-se a densidade crítica, que é o valor de densidade do solo em que o IHO é igual a zero.

Para estimar o rendimento, colheram-se as unidades experimentais com uma colhedora de parcelas e a massa de grãos corrigida para 13% de umidade.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo Teste T e as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste Tukey a 0,05 de significância, utilizando software ASSISTAT.

### Resultados e discussão

Os resultados de densidade do solo apresentaram diferença significativa para manejo de solo e para profundidade (Tabela 1).

A média de densidade nas profundidades do manejo PDE não diferiu significativamente do PD. Embora o escarificador promova uma mobilização do solo e aumento da porosidade total (KLEIN et al., 1995), com o passar do tempo ocorre novamente uma acomodação natural devido à ausência de revolvimento, como também pela compactação ocasionada pelo

tráfego de máquinas (DE MARIA; CASTRO e SOUZA DIAS, 1999).

A diferença na densidade de solo entre os manejos PDE e SA, que apresentou maior densidade de solo, pode ser atribuída ao fato de que o manejo AS, em função da desestruturação causada ao solo, facilita a compactação pós-mobilização. Por outro lado, Klein e Camara (2007), em experimento no mesmo tipo de solo, encontraram diferença significativa em densidade de solo entre PD e PDE seis meses após a escarificação. A precipitação pluvial, acima da média histórica, ocorrida durante o período do experimento, pode explicar a inexistência de diferença estatística entre as densidades de solo nos distintos manejos, pois a chuva acelera o processo de acomodação das partículas do solo, fato que ocorreu com o manejo arado por ter sido revolvido. Salientando que as amostras foram coletadas sete meses após a mobilização do solo.

Estudando os efeitos da intervenção mecânica na redução da compactação, Tavares Filho et al. (2006) observaram o efeito positivo da descompactação somente no primeiro ano, bem como Vieira e Klein (2007), que após dois anos de escarificação em Latossolo Vermelho, não observaram diferenças na densidade do solo, porém, a taxa de infiltração de água ainda era maior no plantio direto escarificado.

A densidade relativa (DR), como um indicador da qualidade física do solo, apresentou diferença para os manejos e profundidades (Tabela 2). Na camada superficial, para todos os manejos, a DR foi menor e, na média dos manejos, o PDE apresentou DR menor inferior ao SA e igual ao PD. Segundo Marcolin (2009), valores de DR acima de 0,9 afetam o desenvolvimento das plantas.

O volume de macroporos apresentou diferença estatística entre os manejos, tendo o PDE apresentado o maior volume, superior ao SA e igual ao PD. Um ponto importante a ser destacado é a grande variação (Tabela 3) dos valores do CV: 36,5% para os manejos e 26,7% para profundidade, que indica alta variabilidade espacial, podendo interferir no desenvolvimento radical das plantas e no fluxo da água desses solos.

Deve-se ressaltar que o fluxo de gases e o movimento de água no solo estão intimamente relacionados ao volume de macroporos. Sua efetividade, nesses casos, depende mais da qualidade (continuidade, abertura na superfície) desses poros do que somente a quantidade (SILVA et al., 2005).

Os microporos responsáveis pelo armazenamento de água no solo e pela disponibilização dessa água às plantas (Tabela 3) não diferiram estatisticamente quanto aos manejos, somente em profundidade, apresentando maior volume de microporos na profundidade de 15 – 20 cm e menor na superfície. O volume de  $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de microporos representa que nesse solo, independente do manejo, haverá uma lâmina de 1,5 mm por cm de profundidade de água disponível para as plantas.

Os criptoporos (Tabela 3) são os poros onde a água fica retida com tal energia (forças capilares e de adsorção) que não fica disponível às plantas. Logo, quanto maior o volume de criptoporos, maior será a quantidade de água retida no solo (água não disponível às plantas). Quanto aos manejos, o SA diferiu do PDE, no qual se encontrou o menor número de criptoporos. Em profundidade, o volume de criptoporos aumentou em todos os manejos. Esse comportamento pode ser justificado pelo aumento da densidade do solo, pois quanto maior a densidade do solo, maior a massa de sólidos (microagregados) por volume, e é nesses microagregados que se encontram os criptoporos, que são poros intra-agregados.

A densidade do solo, nos distintos manejos, no qual o IHO foi igual a zero, foi 1,43; 1,42 e  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  e uma densidade relativa de 0,94, 0,94 e 0,93 para o PD, PDE e SA, respectivamente (Tabela 4). De acordo com Marcolin (2009), com valores de DR entre 0,90 e 0,95, considera-se o solo compactado, onde ocorrem restrições com deformações na morfologia das raízes em grau médio. Assim, os resultados obtidos mostram que, nessa condição de DR, as raízes não terão água disponível, pois o IHO será igual a zero, denotando um solo muito compactado com necessidade de intervenção mecânica (mobilização do solo).

Considerando como densidade crítica do solo em que o IHO é igual a zero, têm-se valores não muito distintos entre os manejos, pois, de acordo com Klein e Camara (2007), esse limite é inerente ao solo, independentemente do manejo adotado, concordando com a densidade crítica encontrada por Blainski et al. (2009) que foi de  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ .

No PDE, o limite inferior até a densidade de  $0,94 \text{ g cm}^{-3}$  foi o ponto de murcha permanente (PMP); após essa densidade, a RP assume o limite inferior do IHO. No manejo SA, o cruzamento da RP com o PMP ocorre na

densidade de 1,02 g cm<sup>-3</sup>. Essas observações demonstram a importância de conhecer a RP do solo, pois bem antes do solo atingir a umidade considerada como PMP a planta já sofre restrições devido ao impedimento mecânico do solo.

Como limite superior do IHO, a capacidade de campo (CC) no PD foi até a densidade de 1,36 g cm<sup>-3</sup>; no PDE, 1,35 g cm<sup>-3</sup>; no SA, 1,34 g cm<sup>-3</sup>. A partir dessas densidades passou a ser o fator limitante a PA, em todos os manejos, semelhante aos valores obtidos por Klein e Camara (2007) em um Latossolo Vermelho, em que no PD com densidades a partir de 1,30 g cm<sup>-3</sup> e no PDE a partir de 1,26 g cm<sup>-3</sup> a PA passa a ser o limite superior do IHO.

Os valores de DR para todos os manejos, segundo Klein (2006) e Reinert et al. (2008), enquadram-se em solos não compactados (DR = 0,80 a 0,90), uma faixa de densidade relativa, considerada não restritiva ao crescimento das plantas. Porém, no limite superior dessa faixa começa a haver restrições de aeração às raízes das plantas.

Observando o rendimento de grãos (Tabela 5), houve interação entre os tratamentos adotados. Os menores rendimentos foram obtidos com a utilização do Booster<sup>®</sup> no PD, 2233 kg ha<sup>-1</sup>. Na média dos tratamentos, a utilização de bioestimulantes no tratamento de semente não diferiu estatisticamente quando comparadas as médias entre si, corroborando o observado por Cato (2006) e Ferreira et al. (2007) quanto ao rendimento médio de grãos de trigo e soja, quando utilizados bioestimulantes e fertilizantes via tratamento de sementes, respectivamente.

Os resultados obtidos em nosso estudo contrariam o observado por Oliveira (2007), o qual verificou aumento no rendimento de grãos de soja tratada com bioestimulante via semente, embora tenham sido utilizados produtos de outras marcas.

A discordância dos resultados obtidos por Karnok (2000) e Long (2006) podem ser atribuídos ao fato das plantas cultivadas em ambiente favorável ao seu desenvolvimento não necessitarem de aplicação de reguladores de crescimento e, quando utilizados, ser difícil identificar os efeitos. Assim sendo, é necessário submeter a cultura a algum tipo de estresse, condição em que poderia ser evidenciada no PD, condição de solo mais compactado, o estímulo ao maior crescimento do sistema radicular.

Considerando a média dos manejos de solo, entre o maior e o menor rendimento, a diferença Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 19, ns.1/2, p. 24-32, 2013.

é de 435 kg ha<sup>-1</sup>, que ocasionou diferença estatística entre os manejos PD de SA e PDE. Embora não tenha ocorrido diferença na densidade do solo e densidade relativa, a resistência à penetração no PDE foi a menor, diferindo do arado que também diferiu do PD, possibilitando atribuir essa expressiva diferença de rendimento à facilidade encontrada pelo sistema radicular em explorar o solo e conseqüentemente ter acesso a maior quantidade de nutrientes e água (solução do solo).

De acordo com Carvalho Filho et al. (2007), o solo deve ser preparado com o mínimo de mobilização, não implicando na diminuição da profundidade de operação, mas sim redução no número de operações, deixando rugosa a superfície do solo e mantendo o máximo de resíduos culturais sobre a superfície, trazendo benefícios para sustentabilidade ambiental e também para economia. Corroborando o descrito pelos autores, o melhor desempenho da cultura em rendimento de grãos foi obtido no manejo de solo que teve a maior profundidade de operação e deixou maior quantidade de resíduos vegetais sobre o solo, como a escarificação.

## Conclusões

A mobilização sob plantio direto (escarificação e aração) proporcionou melhores condições físicas do solo.

A mobilização do solo com escarificador e arado aumentou a produtividade de trigo.

O uso de bioestimulantes não aumentou o rendimento de grãos de trigo.

## Referências

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate<sup>®</sup> no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, n. 6, p. 23-35, 2000.

BEUTLER, A. et al. Impacto do tráfego de máquinas na qualidade física do solo e produtividade de milho em Argissolo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 31, n. 2. p. 359-364, 2009.

BLAINSKI, E. et al. Intervalo hídrico ótimo num Nitossolo Vermelho distroférico irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 273-281, 2009.

- BORGES, E.N. et al. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho-escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 663-667, 1999.
- CARVALHO FILHO, A. et al. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 229-237, 2007.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132 p.
- CATO, S. C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoim, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.703-709, 1999.
- DENARDIN, J. E. et al. **Agricultura conservacionista: sistema plantio direto**. Manejo de enxurrada em sistema plantio direto. Porto Alegre: Fórum Estadual de solo e Água, 2005.
- FERREIRA, L. A. **Bioestimulante e fertilizantes associados ao tratamento de sementes de milho e soja**. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- \_\_\_\_\_. et al. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- FREITAS, L. B. de; LAUXEN, M. da S. Mecanismos de defesa contra o estresse em plantas. In: \_\_\_\_\_.; BERED, F. (Orgs.). **Genética & evolução vegetal**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. p.149-161.
- FREITAS, P. L. de. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J.N. (Ed.). **Experiências** Pesq. Agrop. Gaúcha, v. 19, ns.1/2, p. 24-32, 2013.
- de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 1994. p. 199-213.
- KARNOK, K. J. Promises, promises: can biostimulants deliver? **Golf Course Management**, Newton, v. 68, p. 67-71, 2000.
- KLEIN, V. A. Densidade relativa – um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Santa Catarina, v. 5, p. 26-32, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Física do solo**. 3. ed. Passo Fundo: EDIUPF, 2014. 263 p.
- KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 221-227, 2007.
- \_\_\_\_\_.; LIBARDI, P. L. Densidade de distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 857-867, 2002.
- \_\_\_\_\_. et al. Avaliação de escarificadores e reposta da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p. 307-311, 1995.
- \_\_\_\_\_. et al. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 365-371, 2008.
- \_\_\_\_\_. et al. Textura do solo e estimativa do teor de água no solo no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.7, p.1550-1556, 2010.
- LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. 2006. Disponível em: <<http://www.golfenviro.com/Article%20Archive/Biostimulants-Roots.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2009.
- MACEDO, F.B. et al. Fitorregulador, produção e conteúdos de clorofila nas folhas em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv IAPAR-pérola. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 1-2, 2002.

MARCOLIN, C. D. **Uso de pedotransferência entre atributos físicos de solos sob plantio direto**. 2009. 187 p. Tese (Doutorado). Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2009.

OLIVEIRA, E. F. de. **Resposta do milho ao awaken e da soja ao acapulus aplicados via sementes**. Cascavel: Coop. Central de Pesquisa Agrícola, 2007. (Rel. de Pesquisa, Coodetec).

REINERT, D. J. et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1805-1816, 2008.

SILVA, M. A. S da et al. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 544-552, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAVARES FILHO, J. et al. Efeito da escarificação na condutividade hidráulica saturada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 996-999, 2006.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Circular Técnica, 23)

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1271-1280, 2007.

**Tabela 1 - Densidade do solo em função do manejo e profundidade.**

Manejo	Profundidade (cm)				Média
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	
	$\text{g cm}^{-3}$				
PD	B 1,13a	AB 1,21ab	AB 1,23a	A 1,28a	1,21ab
PDE	C 1,00b	B 1,13b	A 1,24a	A 1,27a	1,16b
SA	B 1,14a	A 1,29a	A 1,27a	A 1,28a	1,25a
Média	C 1,09	B 1,21	AB 1,25	A 1,27	
CV (Profundidade)	6,89 %				
CV (Manejo)	10,49 %				

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

**Tabela 2 - Densidade relativa do solo em função do manejo e profundidade.**

Manejo	Profundidade (cm)				Média
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	
PD	B 0,74a	AB 0,79ab	AB 0,81a	A 0,84a	0,80 ab
PDE	C 0,66b	B 0,75b	A 0,82a	A 0,84a	0,77 b
SA	B 0,77a	A 0,86a	A 0,85a	A 0,86a	0,83 a
Média	C 0,72	B 0,80	AB 0,83	A 0,84	
CV (Profundidade):	6,88 %				
CV (Manejo):	10,46 %				

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

**Tabela 3 - Volume de macroporos, microporos e criptoporos em função do manejo de solo e profundidade.**

Prof. cm	Manejo									Média
	PD			PDE			SA			
Macroporos ( $m^3 m^{-3}$ )										
0-5	B	0,21	a	A	0,31	a	B	0,23	a	0,25 a
5-10	AB	0,18	ab	A	0,23	b	B	0,14	b	0,18 b
10-15	A	0,16	ab	A	0,17	bc	A	0,13	b	0,15 bc
15-20	A	0,14	b	A	0,13	a	A	0,12	b	0,13 c
Média	AB	0,17		A	0,21		A	0,16		
CV (Manejo):	36,56%									
CV (Profundidade):	26,72%									
Microporos ( $m^3 m^{-3}$ )										
0-5	A	0,16	a	B	0,14	b	B	0,14	b	0,15b
5-10	A	0,16	a	A	0,15	a b	A	0,16	ab	0,16a b
10-15	A	0,14	a	A	0,16	ab	A	0,17	a	0,16 ab
15-20	A	0,16	a	A	0,16	a	A	0,17	a	0,17 a
Média	A	0,16		A	0,15		A	0,16		
CV (Manejo)	14,55 %									
CV (Profundidade)	11,50%									
Criptoporos ( $m^3 m^{-3}$ )										
0-5	A	0,18	b	B	0,16	c	A	0,18	b	0,17 b
5-10	AB	0,19	ab	B	0,18	b	A	0,20	a	0,19 b
10-15	A	0,20	a	A	0,20	a	A	0,21	a	0,20 a
15-20	A	0,21	a	A	0,21	a	A	0,21	a	0,21 a
Média	AB	0,19		B	0,19		A	0,20		
CV (Manejo):	10,45%									
CV (Profundidade):	6,86%									

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

**Tabela 4 - Densidade do solo (Ds) e densidade relativa (DR) na qual o IHO=0 e na qual a porosidade de aeração (PA) e resistência à penetração se tornam limitantes.**

	PD	PDE	SA
Ds ( $g cm^{-3}$ ) IHO =0	1,43	1,42	1,40
DR IHO = 0	0,94	0,94	0,93
DS ( $g cm^{-3}$ ) PA se torna restritivo	1,36	1,34	1,33
DR PA se torna restritivo	0,89	0,88	0,89
DS ( $g cm^{-3}$ ) RP se torna restritivo	0,80	0,94	1,02
DR RP se torna restritivo	0,53	0,62	0,68

**Tabela 5 - Rendimento de grãos de trigo em função do manejo de solo e tratamento de semente.**

Manejo	Tratamento de semente									Média
	Testemunha			Booster <sup>®</sup>			Stimulate <sup>®</sup>			
kg ha <sup>-1</sup>										
PD	A	2648	a	B	2233	b	BA	2496	a	2459 b
PDE	A	2765	a	A	3107	a	A	2809	a	2894 a
SA	A	2963	a	A	2728	a	A	2630	a	2774 a
Média	A	2792		A	2689		A	2645		
CV (Manejo)					14,30 %					
CV (Tratamento de semente)					10,63 %					

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.