

SISTEMA PLANTIO DIRETO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO

Luana Salete Celante^{1*}, Deonir Secco¹, Emmanuelle Albara Zago¹, Francisco de Assis Guedes Junior¹, Natália Pereira¹, Cristiane Fracaro¹, Natasha Barchinski Galant¹, Silvia Maccari¹ e Robson Andrei Sanches de Almeida¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura.

Rua Universitária, 2069 - Jardim Universitário

CEP: 85819-110 - Cascavel PR – Brasil *E-mail: luana_celante@hotmail.com

RESUMO: Conhecer as interações de água no solo torna-se essencial para o seu manejo sustentável visando maior produção no sistema plantio direto. Neste contexto, o sistema plantio direto representa importante alternativa no crescimento da produção agrícola nacional. Entretanto, a utilização do Sistema Plantio Direto sem a utilização de outras práticas conservacionistas, tem provocado problemas na estrutura do solo, prejudicando sua qualidade físico-hídrica que reflete diretamente no rendimento das culturas. Portanto, o objetivo do trabalho foi compilar informações acerca da disponibilidade de água no sistema plantio direto.

PALAVRAS-CHAVES: manejo do solo; água no solo; qualidade do solo.

DIRECT SEEDING SYSTEM AND AVAILABILITY OF WATER IN SOIL

ABSTRACT: To know the water interactions in the soil becomes essential to their management aiming to increase production at the till system. In this context, the direct seeding system is an important alternative in the growth of national agricultural production. However the use of direct seeding system without using other conservation practices, has caused problems in the soil structure, damaging their hydro-physical quality that reflects directly on crop yields. Therefore, the objective was compile informations about water availability in the direct seeding system.

KEY WORDS: soil management, soil water, soil quality.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Introdução

O aumento da produção de alimentos e biocombustíveis, associado à orientação técnica com base em dados ambientais e econômicos, visando a manutenção das áreas de preservação permanente e de reserva florestal legal, evidencia a necessidade de aumento da eficiência do uso da terra e conseqüentemente da conservação dos recursos naturais (Faleiro e Farias Neto, 2009).

Na busca desse objetivo, a ação do homem tem afetado consideravelmente o sistema solo/água/planta. Algumas dessas ações são positivas, como o aumento do rendimento das culturas em função da melhoria nas condições de desenvolvimento (fertilização e irrigação) e proteção das plantas (eficiência dos defensivos e tecnologia de aplicação), outras são negativas, como a degradação do solo e a poluição do ambiente e dos recursos hídricos (Klein et al., 2008).

Nesse sentido, a alternativa mais apropriada é o uso de sistemas de produção que ocupem intensamente os recursos disponíveis nos agrossistemas, concomitante à melhoria da qualidade do solo – base da produção vegetal e animal – reduzindo o consumo de insumos e gerando maior renda por área (Balbinot Junior et al., 2009).

Em uma área cultivada existem, além da variabilidade natural, fontes adicionais de heterogeneidade no solo, por causa do manejo exercido pelo homem, das mais variadas formas (Camargo et al., 2010).

A água constitui, em geral, cerca de 90% do peso das plantas, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. É responsável pela manutenção da turgescência e atua como reagente em várias importantes reações na planta, como a fotossíntese. Desempenha a função de solvente, através do qual, gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem se através da planta. Tem, ainda, papel fundamental na regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento como na manutenção e na distribuição do calor (Farias et al., 2005).

De acordo com Petry et al. (2007), a disponibilidade de água às plantas não está ligada de forma direta à capacidade de armazenamento de água do solo. A armazenagem depende de aspectos como o espaço poroso e a profundidade do solo, enquanto a disponibilidade às plantas depende de fatores intrínsecos do solo e da capacidade das plantas em extrair água nos diferentes teores de umidade e níveis de energia de retenção (Petry et al., 2007).

A dinâmica da água no solo é influenciada por características como textura, porosidade, teor de argila e matéria orgânica, que determinam a retenção no perfil por adsorção e capilaridade, definindo o estado energético da água e, também, por fatores externos, como precipitação pluvial, radiação solar, temperatura, evapotranspiração da cultura, índice de área foliar, densidade de plantas e sistema de manejo do solo (Martorano et al., 2009).

Desse modo, na agricultura torna-se essencial conciliar o sistema de manejo com a preservação das características do solo, principalmente a dinâmica de água no solo. Com isso,

o presente trabalho teve como objetivo compilar informações, por meio de revisão bibliográfica, sobre a disponibilidade de água em Sistema Plantio Direto.

Alterações das propriedades do solo em relação ao manejo adotado

O solo proporciona um arranjo espaço-temporal variável de seus constituintes, decorrente da ação de fatores pedo-climáticos que agem na sua formação e da própria evolução temporal, por ser um sistema complexo. A interferência antrópica desvia o curso natural dessa evolução e imprime uma nova dinâmica aos processos presentes no mesmo (Dalmago, 2004).

Dos componentes do manejo, o preparo do solo é a atividade que mais influi no seu comportamento físico, pois atua diretamente na sua estrutura. Além das modificações na porosidade e densidade, o manejo provoca alterações na estrutura do solo, que afetam a retenção de água e a resistência, entre outros efeitos. Atualmente, no Brasil, como no resto do mundo, há grande preocupação com o aumento das áreas agrícolas com problemas de compactação, o que se deve em grande parte às operações mecanizadas realizadas sem considerar a umidade ideal do solo (Klein e Vieira, 2007).

O impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo constitui o ponto inicial da erosão hídrica. Em localidades onde a erosividade da chuva é elevada e a superfície do solo se encontra desprovida de cobertura vegetal, pode ocorrer grande degradação com consequentes perdas de solo, água e nutrientes, fatores essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Cardoso et al., 2012). Ainda segundo os autores, a perda de solo e os elementos que lhe são associados, podem causar danos ambientais, como o assoreamento e a eutrofização de cursos d'água, além de prejuízo econômico ao produtor e à sociedade.

A estrutura do solo e a qualidade físico-hídrica do solo

A perda da qualidade do solo, em seus aspectos químico, físico e biológico, provoca a redução da capacidade do solo em exercer suas funções diversas (Aguiar, 2008). A qualidade física do solo influencia os seus processos químicos e biológicos e, por consequência, desempenha papel central em estudos sobre qualidade do solo. A qualidade física do solo manifesta-se de várias maneiras: na infiltração, retenção e disponibilização de água para as plantas, na resposta ao manejo e na resistência à degradação, na ocorrência das trocas de calor e de gases com a atmosfera e com o crescimento das raízes das plantas (Streck et al., 2008).

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo ao longo do tempo contribui para a aplicação de manejo adequado ao solo, possibilitando conhecer o comportamento dos atributos do solo influenciados pelo manejo do solo e, propiciando a determinação de zonas que necessitem de manejo diferenciado (Siqueira et al., 2009).

Operações agrícolas que envolvam mobilização e ou tráfego de máquinas alteram substancialmente a estrutura dos solos, modificando as condições que determinam o ambiente de crescimento radicular (Reichert et al., 2009) e o tráfego em um solo com alta umidade contribui para alterações significativas nos atributos físicos do solo e na sua qualidade estrutural, o que deixa mais propenso à compactação (Oliveira et al., 2013).

Segundo a EMBRAPA (2003), a estrutura do solo consiste na disposição geométrica das partículas primárias e secundárias; as primárias são isoladas e as secundárias são um conjunto de primárias dentro de um agregado mantido por agentes cimentantes. O ferro, a sílica e a matéria orgânica são os principais agentes cimentantes. A textura e a estrutura do solo influenciam na quantidade de ar e de água que as plantas em crescimento podem obter.

A qualidade estrutural do solo refere-se ao arranjo das partículas do solo constituindo um ambiente dinâmico, cuja alteração determinará um novo comportamento dos processos que ocorrem no solo (Ferreira, 2010).

Os indicadores físicos da qualidade do solo devem estar relacionados com o arranjo estrutural das partículas sólidas e à porosidade e refletir limitações ao desenvolvimento radicular, à emergência das plântulas, ao movimento de água no perfil e, conseqüentemente, à potencialidade produtiva. Associados a esses fatores devem revelar alterações estruturais provocadas pela adoção de determinado sistema de manejo, assim como problemas relacionados com a compactação, ao encrostamento superficial e à susceptibilidade à erosão (Lima et al., 2007). Dentre esses indicadores, encontram-se a densidade, a porosidade total, a macroporosidade, a microporosidade, a resistência à penetração e a umidade do solo (Effgen et al., 2012)

Fisicamente a densidade representa a razão entre a massa seca de uma amostra de solo e o volume ocupado pela mesma, na forma natural que é retirada do solo. Os espaços vazios entre os constituintes minerais e orgânicos constituem a porosidade do solo, que pode estar preenchida por ar ou água, em diferentes proporções ao longo do tempo (Dalmago, 2004).

Em função do diâmetro, os poros podem ser classificados em macro e microporos, os quais apresentam, respectivamente, diâmetro superior e inferior a aproximadamente 0,05 mm. Os macroporos promovem a circulação de água no solo, já os microporos são responsáveis pela retenção de água (Lima et al., 2007). Ainda de acordo com os autores, sob o ponto de

vista agrícola, a porosidade exerce importância dentre outros fatores na estimativa da infiltração, da drenagem e do movimento de água e crescimento de raízes.

A microporosidade do solo é uma variável que está ligada diretamente à densidade do solo. O manejo do solo pode modificar proporcionalmente o volume de microporos em razão da alteração na quantidade de macroporos, tornando assim o solo mais ou menos homogêneo (Schaffrath et al., 2008).

A distribuição dos poros na matriz do solo desempenha papel fundamental nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, determinando a evolução espacial e temporal dos processos que envolvem o movimento de água no solo. Assim sendo, a distribuição dos poros por seus tamanhos condiciona o comportamento físico-hídrico do solo, influenciando a potencialidade agrícola dos solos (Cunha et al., 2010).

A condutividade hidráulica é uma das propriedades do solo que melhor indicam as diferenças estruturais entre as diversas camadas que constituem o perfil. (Rossetti e Centurion, 2013).

A condutividade hidráulica saturada de um solo é determinada pela geometria e continuidade dos poros preenchidos com água, tornando-se dependente, portanto, da forma, quantidade, distribuição e continuidade dos mesmos (Mesquita e Moraes, 2004). Desse modo, um solo com maior volume e melhor distribuição de tamanho de poros terá uma condutividade hidráulica maior. A porosidade é função da textura e da estrutura do solo. O manejo do solo pode alterar a distribuição dos poros e, por consequência, sua densidade, influenciando no movimento da água e na sorptividade (S) na fase de umedecimento (Souza Filho et al., 2013)

A disponibilidade de água no solo (DAS) é um importante indicador de qualidade física. No entanto, a DAS leva em consideração apenas o efeito do potencial da água no solo como fator limitante ao crescimento das plantas. O intervalo hídrico ótimo (IHO), além do efeito do potencial da água no solo, adiciona nos limites de água disponível os efeitos da resistência do solo à penetração e da porosidade de aeração, estabelecidos pelo teor de água no solo em que ocorrem valores críticos dessas propriedades ao crescimento das plantas (Blainski et al., 2012)

O uso de sistemas de cultivo que aumentem o teor de matéria orgânica do solo, contribuem para o aumento da estabilidade de agregados e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade física do solo (Vasconcelos et al., 2010). Os autores ainda relatam que a agregação do solo controla os movimentos internos de água, ar e calor, bem como o

crescimento de raízes; os resíduos orgânicos diminuem a densidade do solo, além de criar poros de diâmetro grande, que favorecem a entrada de ar e a drenagem de água.

O incremento da cobertura do solo se traduz em maiores teores de água no solo e em modificações de atributos físicos direta e indiretamente relacionados com o crescimento e a produção das plantas (Blainski et al., 2012). Ainda segundo os autores, o aumento da quantidade de resíduos culturais sobre o solo pode contribuir para diminuição das restrições físicas do solo às plantas, em razão do incremento nos teores de água no solo e manutenção dos seus valores dentro dos limites do intervalo hídrico ótimo.

Cardoso et al. (2012), avaliando a influência das plantas de cobertura e dos espaçamentos de plantio no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, visando à conservação do solo, concluíram que o maior índice de cobertura proporcionou o melhor crescimento e desenvolvimento de plantas e melhor proteção do solo para todas as culturas foi obtida no espaçamento de 0,25 m, haja vista que, quanto menor o espaçamento entre plantas mais entrelaçada fica a parte aérea, reduzindo as perdas de solo, água e nutrientes.

Sistema Plantio Direto

A diversificação dos sistemas de manejo do solo possui a finalidade de minimizar os efeitos da degradação da sua estrutura, que ocorrem por meio da compactação e da restrição à infiltração de água, os quais podem comprometer o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Rossetti e Centurion, 2013).

No sistema plantio direto - SPD, condição na qual o solo é mobilizado somente na linha de semeadura, inúmeras são as constatações, quando mal manejado, de que a estrutura do solo é negativamente afetada, com aumento da densidade e conseqüente redução da porosidade total e a de aeração, além de aumento na resistência mecânica do solo à penetração (Klein et al., 2008).

No SPD, a manutenção da cobertura do solo diminui as perdas de água por evaporação, devido à barreira física formada e à redução da temperatura do solo, e por escoamento superficial, em virtude do aumento da capacidade de infiltração de água associada à proteção da superfície do solo contra o impacto da gota de chuva, o que evita a formação de crostas superficiais. Do mesmo modo, o aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS), associado à menor intensidade de revolvimento, melhora substancialmente a estrutura do solo,

o que favorece o desenvolvimento radicular das plantas e, assim, aumenta o tamanho do reservatório de água disponível (Franchini et al., 2009).

O preparo e o manejo do solo podem influenciar as taxas de erosão hídrica ocorridas em um solo, expondo-o em maior ou menor intensidade ao impacto das gotas de chuva e a ação da enxurrada, propiciando a ocorrência de erosão, a qual pode acarretar degradação da estrutura do solo, perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica, com diminuição da fertilidade química, física e biológica, acarretando sérios danos ao setor agropecuário (Oliveira et al., 2012), além de alterar o microrrelevo e a cobertura por resíduos vegetais de sua camada superficial e promovendo a exposição da superfície do solo à ação da erosão hídrica, dependendo do tipo de preparo (Panachuki et al., 2010).

O microrrelevo do solo, caracterizado pela rugosidade de sua superfície, induzido pelas operações de preparo e influenciado pelos resíduos vegetais, é de fundamental importância na retenção e infiltração de água no solo, elevando a capacidade de armazenamento depressional de água na superfície e, com isso, diminuindo o escoamento superficial. A rugosidade da superfície do solo é reduzida gradativamente pela incidência das chuvas e pelo escoamento superficial em decorrência da erosão hídrica, enquanto a rugosidade criada pelos resíduos vegetais apresenta estabilidade temporal maior (Panachuki et al., 2010).

A técnica do plantio direto consiste no mais baixo grau de mobilização do solo, em todos os seus aspectos (extensão de superfície do terreno trabalhada, profundidade de preparo e grau de fragmentação do volume de solo mobilizado). Nesse método, o solo é rompido apenas para se colocar nele as sementes ou mudas/partes vegetativas das plantas, ficando os resíduos culturais remanescentes de culturas anteriores quase todos na superfície. O solo apresenta o menor grau de rugosidade superficial e nenhum valor adicional de porosidade total da camada arável, dentre todos, além de resultar em uma superfície geralmente consolidada, condição que, com o tempo, favorece a conservação do solo, mas, em considerável parte dos casos, desfavorece a conservação da água (Gilles et al., 2009).

Avaliando a infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional Alves Sobrinho et al. (2003), concluíram que o sistema plantio direto proporcionou valores de taxa de infiltração de água no solo superiores aos do preparo convencional, os autores ressaltaram o efeito da palhada na redução do selamento superficial.

Mesmo sob plantio direto o solo pode reduzir a capacidade de infiltração de água, em virtude do adensamento de partículas e da maior densidade do solo nas camadas superficiais (Pinheiro et al., 2009).

Castro et al. (2009) avaliando o comportamento de atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho eutroférico argiloso sob diferentes condições de preparo do solo, concluiu que o SPD permite maior taxa de infiltração e condutividade hidráulica do solo saturado em superfície e em profundidade, quando comparado com os sistemas de preparo mecânico, devido à maior continuidade dos poros .

Em decorrência da ideia equivocada de que o SPD constitui prática conservacionista suficiente para controlar integralmente a erosão hídrica, o terraceamento passou a ser considerado supérfluo e indiscriminadamente desfeito, além do abandono da semeadura em contorno e à adoção da semeadura paralela ao maior comprimento da gleba, independentemente do sentido do declive (Denardin et al., 2008).

A compactação do solo no SPD, que ocorre em áreas mal manejadas, é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da suscetibilidade a perdas de produtividade em função da ocorrência de períodos de deficiência hídrica. A compactação diminui o volume de solo explorado pelas raízes em busca de água e nutrientes o que, em termos práticos, significa que o tamanho do reservatório de água disponível às plantas é substancialmente reduzido (Franchini et al., 2009).

Desse modo segundo Oliveira et al. (2012), a ausência de preparo de solo e a cobertura permanente não têm propiciado condição suficiente para conter a erosão hídrica, sendo, portanto, necessário associar outras práticas ao plantio direto que sejam eficientes barreiras físicas ao livre escoamento do deflúvio superficial, principalmente em condições de declives acentuados e pendentes longas. O resultado maior desta ação é o aumento da enxurrada na lavoura, que transporta agroquímicos, partículas de solo, material orgânico e água. Devido à não-mobilização da camada arável, a técnica de semeadura direta normalmente resulta em acúmulo de nutrientes na superfície do solo, causado pela aplicação superficial de fertilizantes e corretivos ou pela pequena profundidade no solo, e também pela decomposição dos restos culturais que se encontram em superfície. Esses fatos favorecem a concentração de nutrientes na enxurrada (Gilles et al., 2009).

No plantio direto, as características estruturais são mais dependentes de fatores biológicos, como o sistema radicular das culturas, da atividade biológica e da decomposição da palha na superfície do solo (Schaffrath et al., 2008).

No Brasil, esta situação é observada devido à sua extensão territorial e à diversidade climática, onde se encontram as mais variáveis possíveis. Em regiões áridas e semi-áridas no Nordeste brasileiro, por exemplo, o manejo correto implica em práticas de economia de água e cuidados com problemas de salinidade (Calheiros et al., 2009).

As melhorias na estrutura do solo, proporcionadas pelo SPD, aumentam a infiltração e retenção de água do solo, favorecendo ainda os fluxos ascendentes de água das camadas mais profundas até as camadas mais superficiais, onde se encontra a maior parte do sistema radicular das plantas (Franchini et al., 2009).

Disponibilidade de água no solo

A dinâmica da água no solo está diretamente relacionada à produção vegetal e seu conhecimento é de interesse fundamental para qualquer tomada de decisão sobre a exploração agrícola dos solos (Calheiros et al., 2009).

Em cultivos não irrigados existe forte dependência da cultura ao regime pluvial, embora outros fatores possam ser limitantes, como o potencial genético, fertilidade do solo, sanidade da planta, radiação solar, temperatura e vento, entre outros (Martorano et al., 2009). Ainda de acordo com os autores, outro fator relevante quanto aos estoques de água no solo, é o sistema de manejo adotado, o qual pode atuar de forma decisiva na distribuição hídrica, no perfil e nas interações solo-planta-atmosfera, ao longo do tempo.

No trabalho de Dalmago (2004), com o objetivo de quantificar alterações físico-hídricas no perfil e na superfície do solo em plantio direto e plantio convencional, com ênfase na dinâmica da água e respostas das plantas de milho, o autor concluiu que o plantio direto alterou as propriedades físicas do solo em relação ao preparo convencional, aumentando a armazenagem de água, retenção de água no solo e disponibilidade de água às plantas, sendo esses efeitos mais acentuados nas camadas próximas a superfície e que o plantio direto promove maior homogeneidade de variáveis hídricas do solo ao longo do tempo, em relação ao preparo convencional.

Klein et al. (2008), avaliando as alterações nas propriedades físico-hídricas do solo e o rendimento de trigo em um Latossolo Vermelho sob plantio direto e plantio direto escarificado, concluíram que a escarificação do solo sob sistema plantio direto há seis anos aumentou o rendimento de grãos de trigo semeado sete meses após a escarificação e diminuiu a densidade do solo, aumentando a porosidade total e a porosidade livre de água durante o ciclo da cultura do trigo, melhorando as condições físico-hídricas do solo para o desenvolvimento das plantas.

No trabalho de Martorano et al. (2009), com o objetivo de avaliar indicadores de água no solo capazes de auxiliar o entendimento de respostas da soja à dinâmica do ambiente (solo e atmosfera), em cultivos não irrigados sob plantio direto e preparo convencional em um

Argissolo Vermelho Distrófico típico, os autores concluíram que o tempo de secagem do solo é um indicador direto da sua condição hídrica, sendo mais prolongado no sistema plantio direto, em função de maiores estoques de água, quando comparado com o preparo convencional e que o fator hídrico é fundamental na obtenção de altos rendimentos na plantação de soja.

Rossetti e Centurion (2013), avaliando os atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho de Jaboticabal, SP, sob sistemas de uso e tempos de adoção de manejos cultivado com milho, relataram que a condutividade hidráulica saturada no solo mostrou comportamento semelhante entre o sistema de preparo convencional e os tempos de adoção de plantio direto, o que segundo os autores, devido aos valores de macroporosidade superior no Sistema de Plantio Convencional em relação ao sistema Plantio Direto por 10 anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema Plantio Direto é uma importante ferramenta na conservação de solo, principalmente em algumas características, como a disponibilidade de água no solo, em que auxilia na armazenagem, retenção e disponibilidade de água às plantas. Mas são necessárias medidas conservacionistas para evitar que esse sistema possa prejudicar a estrutura do solo, devido principalmente ao manejo inadequado de implementos agrícolas, levando a formação de camadas compactadas, o que acaba prejudicando o rendimento de culturas.

REFERÊNCIAS:

AGUIAR, M.I. de. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; CARVALHO, D.F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; GUIMARAES, R.M.L.; NANNI, M.R. Qualidade física de um latossolo sob plantio direto influenciada pela cobertura do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 79-87, 2012.

CARDOSO, D.P.; SILVA, M.L.N.; CARVALHO, G.J. de; FREITAS, D.A. F. de; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CALHEIROS, C.B.M.; TENÓRIO, F.J.C.; CUNHA, J.L.X.L.; SILVA, E.T. da; SILVA, D.F. da; SILVA, J.A.C. da. Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 665-670, 2009.

CAMARGO, L.A.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Spatial variability of physical attributes of an alfisol under different hillslope curvatures. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 617-630, 2010.

CASTRO, O.M. de; VIEIRA, S.R.; SIQUEIRA, G.M.; ANDRADE, C.A. de. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho eutroférrico sob diferentes sistemas de preparo. **Bragantia**, v.68, p.1047-1057, 2009.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D. Atributos físicos do solo sob diferentes preparos e coberturas influenciados pela distribuição de poros. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1160-1169, 2010.

DALMAGO, G.A. **Dinâmica da água no solo em cultivo de milho sob plantio direto e preparo convencional**. 2004. 243p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A; SATTTLER, A.; MANHAGO, D. D. “Vertical mulching” como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2847-2852, 2008.

EFFGEN, T.A.M.; PASSOS, R.R.; ANDRADE, F.V.; LIMA, J.S.S.; REIS, E.F.; BORGES, E.N. Propriedades físicas do solo em função de manejos em lavouras de cafeeiro conilon. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 414-421, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do Algodão Irrigado**. Sistemas de Produção, 3 ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica Jan/2003.

FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. de. **Savanas: demandas para pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 165 p.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Disponibilidade hídrica em solos arenosos: Estabelecimento de déficit hídrico em culturas e dinâmica de água em regiões arenosas. . In: Reunião de Pesquisa da região Central do Brasil, 2005, Cornélio Procópio. **Documentos (Embrapa Soja)**. Londrina, PR: EMBRAPA, 2005. v. 27. p. 123-134.

FERREIRA, M.M. **Caracterização física do solo**. In: Lier, Q. J. van (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.127.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 40 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).

GILLES, L.; COGO, N.P.; BISSANI, C.A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J.C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1427-1440, 2009.

KLEIN, V.A.; VIEIRA, M. L. Propriedades Físico-Hídricas de um Latossolo Vermelho Submetido a diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1271-1280, 2007.

KLEIN, V.A. ; VIEIRA, M. L.; DURIGON, F.F.; MASSING, J.P.; FAVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, p.365-371, 2008.

KUNZ, J.H.; BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; HECKLER, B.M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LIMA, C.L.R; PILLON, C.N; LIMA, A.C.R. Qualidade física do solo: indicadores quantitativos. Pelotas, **Embrapa Clima Temperado**. 25p (Documentos, 196)

MARTORANO, L.G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; FARIA, R.T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MEDEIROS, J.D.; CLARKE, J.A.G. Variabilidade espacial do conteúdo de água no solo numa pequena bacia rural: Análise geoestatística. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.12, n.1, p. 43-52, 2007.

MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v.34, p.963-969, 2004.

OLIVEIRA, J.G.R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J. **Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes**. Boletim de Geografia, v. 30, p. 91-98, 2012.

OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; ROSSETTI, K.V.; FERRAUDO, A.S., FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; BÁRBARO J.; SOUZA, L. Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 604-612, 2013.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1777-1786, 2011.

PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A.C.T.; CARVALHO, D.F.; URCHEI, M.A. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Sci. Agron.**, v.28, p. 129-137, 2006.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, C.M.A.; URCHEI, M.A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 443-452, 2010.

PETRY, M.T. ; ZIMMERMANN, F.L. ; CARLESSO, R. ; MICHELON, C.J.; KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 531-539, 2007.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L.P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Revista Ambiente e Água**, v.4, p. 188-199, 2009.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb.**, 27:29-48, 2003.

REICHERT, J.M.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; RIQUELME, U.F.B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 310-319, 2009.

ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Tillage systems and hydro-physical attributes of an Oxisol cultivated with maize. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 472-479, 2013.

SANTOS, G.G. **Impacto de sistemas de integração lavoura pecuária na qualidade física do solo**. 2012. 122p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 2010.

SATO, J.H.; FIGUEIREDO, C.C. de; LEÃO, T.P.; RAMOS, M.L.G; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 189-193, 2012.

SCHAFFRATH, V.R.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GONCALVES, A.C.A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1369-1377, 2008.

SIQUEIRA, G.M.; VIEIRA, S.R.; DECEN, S.C.F. Variabilidade espacial da densidade e da porosidade de um Latossolo Vermelho Eutroférico sob semeadura direta por vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 751-759, 2009.

SOUZA FILHO, P.S.; HELDWEIN, A.B.; ZAMBERLAN, J.F.; CORRÊA, H.C. Parâmetros físicos do solo relacionados com o avanço da frente de molhamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi.**, v. 17, n. 2, p.153-161, 2013.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.; HORN, R. Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2603-2612, 2008.

VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; OLIVEIRA, V.S.; COSTA, Y.D.J.; CAVALCANTE, D.M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.309-316, 2010.