

# **AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM NITOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO, PREPARO CONVENCIONAL E MATA NATIVA<sup>(1)</sup>**

**Renato Lara de Assis<sup>(2)</sup> & Kléber Pereira Lanças<sup>(3)</sup>**

## **RESUMO**

**Com o aumento do tempo de uso do sistema plantio direto (SPD), atributos físicos do solo são modificados; entretanto, os efeitos ainda não estão bem quantificados. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tempo de adoção do sistema plantio direto, comparativamente com área de mata nativa e preparo convencional, usando atributos físicos do solo em um Nitossolo Vermelho distroférico. Os sistemas de manejo estudados foram: mata nativa (MN), preparo convencional (PC), plantio direto com um ano (PD1), plantio direto com quatro anos (PD4), plantio direto com cinco anos (PD5) e plantio direto com 12 anos (PD12). Os valores de densidade do solo foram menores na profundidade de 0-5 cm em relação a 10-15 cm para todos os sistemas. Os sistemas de manejo MN e PD12, na profundidade de 0-5 cm, apresentaram densidade do solo inferior à dos demais sistemas. O diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados do solo foi crescente com o tempo de adoção do sistema plantio direto, na profundidade de 0-5 cm, e a mata nativa (MN) apresentou maior DMG em ambas as profundidades. O tempo de adoção do SPD não promoveu diferenciação na porosidade total. O PD12 apresentou aumento da macroporosidade e diminuição da microporosidade na profundidade de 0-5 cm em relação aos demais sistemas. A resistência do solo à penetração não apresentou tendência predominante de variação com o tempo de adoção no SPD, tampouco em relação ao tipo de preparo. Os sistemas PD12 e MN apresentaram maiores velocidades de infiltração tridimensional de água no solo e condutividade hidráulica do solo saturado.**

**Temos de indexação: tempo de adoção, sistemas de manejo, qualidade do solo, estrutura.**

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Doutorado em Energia na Agricultura, apresentada, pelo primeiro autor, à Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Trabalho apresentado no XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto, 2003. Recebido para publicação em fevereiro de 2004 e aprovado em junho de 2005.

<sup>(2)</sup> Professor da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde – FESURV. Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104, CEP 75901-970 Rio Verde (GO). E-mail: assis@fesurv.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). E-mail: kplancas@fca.unesp.br

**SUMMARY:** *EVALUATION OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF A DYSTROPHIC RED NITOSOL UNDER NO-TILLAGE, CONVENTIONAL TILLAGE AND NATIVE FOREST SYSTEMS*

*As the time of adoption of no-tillage systems lengthens there occur modification in soil physical attributes; however, these effects are not well quantified yet. The present study had the objective to evaluate the effect of time of adoption of a no-tillage system, compared to native forest and a conventional tillage system using physical attributes of a Dystróferric Red Nitosol. The evaluated systems were: PD1 (one year of adoption of no-tillage), PD4 (no-tillage for four years), PD5 (no-tillage for five years), PD12 (no-tillage for 12 years), one system under conventional tillage (PC for 18 years) and another without use or intervention (native forest-MN). The increase in no-tillage adoption time led to a decrease in bulk density and compaction at the 0-5 cm depth, but cause no alterations at the 10-15 cm depth. The mean geometric diameter (DMG) of aggregates increased along the time of adoption of no-tillage at the 0-5 cm depth and the MN presented the largest DMG at both soil depths. The time of adoption of the no-tillage system caused no differentiation in total soil porosity. Penetration resistance presented no predominant trend of variation along the time of adoption of no-tillage. There was also no trend in relation to the other systems. PD12, at the depth of 0-5 cm, presented the largest macro and the smallest micro porosity. Soil water infiltration was faster and the saturated hydraulic conductivity of the soil was higher under the systems PD12 and MN.*

*Index terms: adoption time, management systems, soil quality, structure.*

## INTRODUÇÃO

Com o aumento do tempo de uso do sistema plantio direto (SPD), os atributos físicos dos solos têm sido modificados, necessitando, portanto, de pesquisas com períodos de duração mais longos para estudar os fenômenos ligados à sua estrutura. Efeitos sobre alguns atributos do solo já são reportados na literatura, tais como: a densidade do solo, que mostra tendência de aumento nos primeiros anos de cultivo e, com o passar dos anos, apresenta tendência de diminuição, o aumento da porosidade total e o aumento no tamanho de agregados (Da Ros et al., 1997). Entretanto, muitas dúvidas sobre o sistema persistem, sendo necessário obter informações sobre outros atributos físicos.

A utilização intensiva de equipamentos agrícolas em todas as operações agrícolas (semeadura, tratamentos culturais e colheita) tem promovido aumento da compactação, principalmente na zona de exploração do sistema radicular da planta. A principal razão desse fenômeno é a repetitividade das operações realizadas ao longo dos anos (Oliveira, 2002). Inúmeros autores sugerem que a compactação do solo seja identificada, tanto por meio de atributos físicos, tais como: densidade do solo, distribuição de poros por tamanho e estabilidade de agregados em água, ou como por meio da resistência do solo à penetração.

A compactação pelo tráfego de máquinas nas diferentes operações de preparo do solo, semeadura, tratamentos culturais e colheita é constatada em diversos

trabalhos (Tormena & Roloff, 1996; Flowers & Lal, 1998; Dias Junior et al., 1999 e Silva et al., 2000b). O comportamento do solo, conforme a aplicação de carga na superfície, depende das características do rodado e das propriedades físicas do solo. No sistema plantio direto, o revolvimento do solo é restrito à linha de semeadura e, no entanto, o tráfego ocorre normalmente em toda extensão da área, resultando num aumento da compactação do solo, principalmente em superfície.

Estudando o efeito dos rodados do trator em três sistemas de preparo durante a semeadura, Sidiras & Vieira (1984) observaram, nas faixas compactadas sob rodas, uma redução na infiltração de água e maiores valores de densidade do solo. A compactação da camada de semeadura pode ser limitante no processo de germinação das sementes, contribuindo, por sua vez, para reduções da produtividade.

A condutividade hidráulica do solo saturado é considerada um dado de grande utilidade na diferenciação dos efeitos de sistemas de preparo na movimentação de água no perfil. A compactação do solo e a descontinuidade dos poros reduzem a condutividade hidráulica (Reichardt, 1996). O sistema plantio direto, por apresentar um sistema permanente de bioporos e canais deixados por raízes que apodrecem, permite uma melhor drenagem (Boone, 1988). Arzeno (1990) obteve valores de condutividade hidráulica do solo saturado nos sistemas plantio direto e escarificador cerca de duas vezes maior que no sistema de plantio convencional em Latossolo Vermelho distroférico.

Diversos trabalhos experimentais relatam os efeitos benéficos dos sistemas conservacionistas no melhoramento das propriedades físicas do solo. A cobertura do solo com plantas ou seus resíduos reduz a temperatura máxima do solo e as perdas de água por evaporação (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990). Os resíduos de culturas também proporcionam um aumento na taxa de infiltração de água no solo (Silva, 1986).

As maiores velocidades de infiltração de água no solo ocorre em sistema plantio direto, quando comparado ao sistema convencional (Derpsch et al., 1986; Roth et al., 1988; Arzeno, 1990; Castro, 1995), a cobertura reduz o efeito da desagregação, evitando o selamento superficial provocado pela obstrução dos poros por partículas finas desagregadas (Castro et al., 1987).

Em área de cerrado, por duas décadas em sistema plantio direto, Oliveira (2002) observou que o tráfego de máquinas e a ausência de revolvimento promoveram alterações na estrutura do solo, principalmente na macroporosidade na profundidade de 0–5 cm. Em Latossolo Vermelho distrófico, Albuquerque et al. (1995) constataram que, ao final de sete anos, não ocorreram diferenças de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade entre o sistema plantio direto e o preparo convencional.

O maior efeito agregante no sistema plantio direto em comparação ao sistema convencional na camada superficial foi relatado em diversos trabalhos: Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Da Ros et al., 1997; Silva et al., 2000a; Beutler et al., 2001; Oliveira, 2002.

Em plantio direto, ocorre um aumento do diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, sendo esse aumento mais acentuado nos primeiros anos de instalação do sistema (Da Ros et al., 1996). Após cinco anos de cultivo, Da Ros et al. (1997) observaram que o DMG em plantio direto é estatisticamente equivalente ao do campo nativo.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do tempo de adoção do sistema plantio direto, comparativamente com área de mata nativa e preparo convencional, sobre atributos físicos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um Nitossolo Vermelho distroférrico, relevo ondulado (0–4 cm m<sup>-1</sup>) textura muita argilosa, localizado nas áreas de produção e de experimentação da Fazenda Lageado no campus da UNESP – Botucatu (SP), utilizando os sistemas de manejo sob mata nativa (MN), preparo convencional (PC), plantio direto com um ano (PD1), plantio direto com quatro anos (PD4), plantio direto

com cinco anos (PD5) e plantio direto com 12 anos (PD12). As áreas são descritas a seguir:

**Mata nativa (MN)** - Mantida há mais de 40 anos sem cultivo ou qualquer outro tipo de atividade antrópica. Localizada nas coordenadas 22 ° 48 ' 28 " S e 48 ° 25 ' 39 " W.

**Preparo convencional (PC)** - A área foi cultivada com milho, desde 1983, utilizando a grade aradora e grade niveladora para o preparo do solo. Localizada nas coordenadas 22 ° 48 ' 19 " S e 48 ° 25 ' 41 " W.

**Plantio direto com um ano (PD1)** - Corresponde à área de produção comercial da fazenda. Nas últimas duas safras, a área foi cultivada com soja e, anteriormente, com o milho. Localizada nas coordenadas 22 ° 48 ' 56 " S e 48 ° 25 ' 39 " W.

**Plantio direto com quatro anos (PD4)** - Até o verão de 1996, a área era cultivada com a cultura do milho no sistema de preparo convencional, quando se instalou o sistema plantio direto sobre os restos de cultura e vegetação espontânea. Coordenadas 22 ° 49 ' 3 " S e 48 ° 25 ' 44 " W.

**Plantio direto com cinco anos (PD5)** - Iniciou-se no sistema plantio direto em 1996 com o milho, nas safras de 1996/1997; 1997/1998 e a soja, nas safras de 1998/1999; 1999/2000; 2000/2001, como culturas de verão. Coordenadas 22 ° 48 ' 25 " S e 48 ° 25 ' 40 " W.

**Plantio direto com 12 anos (PD12)** - No verão de 1988, o solo foi preparado mediante aração a aproximadamente 25 cm de profundidade, seguida de duas gradagens niveladoras, e a área foi cultivada com soja. Nos anos seguintes, a área foi utilizada da seguinte forma: De 1989 a 1998, cultivou-se a soja como cultura de verão. De 1999 a 2000, a área ficou em pousio no período de verão, apenas com o manejo da vegetação espontânea com a aplicação de herbicidas. Na safra de 2001/2002, foi cultivada com soja, como cultura de verão. Coordenadas 22 ° 49 ' 40 " S e 48 ° 25 ' 39 " W.

O tamanho de cada área experimental correspondente a cada sistema de manejo apresentava uma área de 1.000 m<sup>2</sup> (50 x 20 m). Nestas áreas, foram identificadas três parcelas (3 x 3 m), distribuídas aleatoriamente, onde foram realizadas três amostragens por parcela. Os pontos amostrais nas parcelas foram escolhidos na entrelinha da última cultura em cada sistema de plantio, procurando a melhor representatividade. Amostras foram coletadas nas profundidades de 0–5 e 10–15 cm.

Para determinar os limites de consistência do solo (limites de liquidez, plasticidade e contração), foram coletadas amostras aleatoriamente, totalizando 36 amostras (seis sistemas x duas profundidades x três repetições). Os limites de consistência do solo seguiram métodos de Sowers (1965).

A matéria orgânica, macro e microporosidade e densidade do solo foram determinadas de acordo com métodos da Embrapa (1997). O cálculo do Diâmetro Médio Geométrico (DMG) dos agregados do solo foi feito conforme Kemper & Chepil (1965).

A resistência do solo à penetração foi determinada em diferentes pontos dentro de cada sistema de manejo até à profundidade de 40 cm (30 repetições por sistema), utilizando-se um penetrômetro hidráulico-eletrônico, construído por Lanças & Santos (1998). Avaliou-se o índice de cone nas profundidades de 0–10, 10–20, 20–30 e 30–40 cm.

As medidas de infiltração da água no solo e de condutividade hidráulica do solo saturado foram realizadas no campo com o emprego do permeâmetro de fluxo constante (Permeâmetro de Guelph). Procedimentos de campo foram utilizados segundo recomendações de Lombardi Neto et al. (1993). A condutividade hidráulica do solo saturado foi medida na profundidade de 0–15 cm, empregando-se duas cargas hidráulicas, de 6 e 9 cm. Estas baseadas na recomendação para solos com textura argilosa.

A obtenção dos dados de condutividade hidráulica do solo saturado e infiltração da água no solo sob condições de saturação de campo foi realizada com o uso do software GPM.EXE<sup>(4)</sup>.

Os dados experimentais foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, incluindo a profundidade de amostragem como subfator.

Os resultados das análises físicas foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5 % para a comparação de médias pelo programa SAS (Statistical Analysis System – versão 6.10 (SAS 1995)).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de densidade do solo foram menores, com diferença estatisticamente significativa, na profundidade de 0–5 cm em relação a 10–15 cm, para todos os sistemas de manejo (Quadro 1). Tal fato é devido ao teor de matéria orgânica nesta profundidade, o que favorece a diminuição da densidade do solo pela sua maior estruturação. O tempo de adoção no sistema plantio direto proporcionou diminuição na densidade do solo na profundidade de 0–5 cm e não causou alterações na densidade do solo na profundidade de 10–15 cm.

Os sistemas MN e PD12, na profundidade de 0–5 cm, apresentaram densidade do solo significativamente diferente dos demais sistemas, evidenciando o efeito do tempo de utilização do

sistema plantio direto na recuperação estrutural do solo.

A maior estabilidade de agregados no PD12 em relação aos demais sistemas sob plantio direto, verificada por meio do DMG (Quadro 1), pode ser explicada pelas práticas de manejo; a saber: preparo do solo, adição de materiais orgânicos e histórico cultural da área, que têm significativa influência sobre a agregação, quando considerados longos períodos de tempo. O DMG sob PD12 foi o que mais se aproximou do apresentado pelo solo sob mata. A maior agregação no sistema MN é resultante do grande acúmulo de matéria orgânica ao longo dos anos, em virtude da não ação antrópica por mais de 40 anos, influenciando fortemente a agregação do solo. O DMG foi crescente com o tempo de adoção no sistema plantio direto, na profundidade de 0–5 cm, e a mata nativa (MN) apresentou maior DMG em ambas as profundidades.

Na profundidade de 0–5 cm, o DMG teve um aumento da seguinte ordem: PD1 (75 %), PD4 (77 %), PD5 (243 %), PD12 (366 %) e MN (476 %) em relação ao preparo convencional.

Com exceção do PD12, o tempo de adoção no sistema plantio direto não promoveu modificações na distribuição de poros por tamanho. O efeito da mobilização do solo no PC, favorecendo a formação de macroporos, não foi constatada no presente estudo. Observa-se que, no PD12, ocorreu um aumento da macroporosidade e diminuição da microporosidade na camada de 0–5 cm em relação ao preparo convencional. O tempo de adoção no sistema plantio direto não promoveu diferenciação na porosidade total. O PD12 na profundidade de 0–5 cm apresentou maior macroporosidade e menor microporosidade em relação aos demais sistemas.

Os valores de umidade do solo no momento da avaliação da resistência do solo à penetração nos sistemas estudados (Quadro 2) encontram-se dentro, e, em alguns casos, pouco abaixo da faixa de friabilidade do solo (LP-LC) (Quadro 1). Segundo Torres & Saraiva (1999), a faixa de friabilidade é a indicada para determinação da resistência do solo à penetração.

Os diferentes sistemas de cultivo e tempo de adoção no sistema plantio direto influenciaram a resistência do solo à penetração de forma mais acentuada, abaixo da camada de 0–10 cm.

Os valores dos índices de cone (IC) encontrados neste estudo situam-se dentro da faixa de 0,7 a 3,5 MPa (Quadro 2), refletindo os resultados para o IC<sub>(0–10)</sub>, de maneira geral, os efeitos da mobilização, da maior quantidade de matéria orgânica e do tráfego em cada sistema de manejo. A resistência do solo à penetração não apresentou tendência predominante de variação com o tempo de adoção no sistema plantio direto e em relação ao tipo de preparo.

<sup>(4)</sup> Aplicativo computacional desenvolvido pelo pesquisador Dr. Sidney Rosa Vieira - Seção de Conservação do Solo - IAC

**Quadro 1. Atributos físicos e teor de matéria orgânica para os diferentes sistemas de manejo, profundidades e tempo de adoção do sistema plantio direto**

Sistema	Profundidade	DMG <sup>(1)</sup>	Ds <sup>(1)</sup>	Macro <sup>(1)</sup>	Micro <sup>(1)</sup>	LL <sup>(2)</sup>	LP <sup>(2)</sup>	LC <sup>(2)</sup>	MO <sup>(1)</sup>
	cm	mm	kg dm <sup>-3</sup>	— dm <sup>3</sup>	dm <sup>-3</sup> —	— kg	kg <sup>-1</sup> —		g kg <sup>-1</sup>
MN	0–5	4,78 Aa	1,05 Cb	0,19 Ba	0,38 Bb	0,58	0,46	0,26	105,2 Aa
	10–15	4,34 Ab	1,22 Ca	0,11 Ab	0,44 Aa	0,46	0,35	0,28	53,2 Ab
PC	0–5	0,83 Ea	1,22 Ab	0,17 Ba	0,42 Ab	0,42	0,32	0,21	35,3 Ca
	10–15	0,96 Ea	1,31 Ba	0,11 Ab	0,45 Aa	0,43	0,34	0,20	37,4 ABa
PD1	0–5	1,45 Db	1,17 ABb	0,22 ABa	0,39 ABb	0,43	0,33	0,22	39,1 BCa
	10–15	2,00 Ba	1,35 ABa	0,13 Ab	0,44 Aa	0,43	0,35	0,22	37,7 ABa
PD4	0–5	1,47 Da	1,17 ABb	0,17 Ba	0,42 ABa	0,44	0,33	0,25	39,9 BCa
	10–15	1,31 DEb	1,36 Aa	0,13 Ab	0,43 Aa	0,45	0,35	0,28	34,1 Bb
PD5	0–5	2,85 Ca	1,12 Bb	0,18 Ba	0,40 ABb	0,43	0,32	0,28	48,3 Ba
	10–15	1,89 BCb	1,34 ABa	0,11 Ab	0,43 Aa	0,43	0,34	0,29	36,6 ABb
PD12	0–5	3,87 Ba	1,06 Cb	0,27 Aa	0,34 Cb	0,35	0,28	0,27	43,1 BCa
	10–15	1,54 CDb	1,35 ABa	0,13 Ab	0,39 Ba	0,35	0,28	0,26	28,8 Bb

DMG = diâmetro médio geométrico; Ds = densidade do solo; Macro = macroporosidade; Micro = microporosidade; LL = limite de liquidez; LP = limite de plasticidade; LC = limite de contração e MO = matéria orgânica do solo.

MN: Mata Nativa; PC: Preparo Convencional; PD1: Plantio Direto com um ano; PD4: Plantio Direto com quatro anos; PD5: Plantio Direto com cinco anos; PD12: Plantio Direto com 12 anos.

Letras maiúsculas, na coluna, comparam diferenças entre os sistemas para cada profundidade, a 5 % pelo teste Tukey.

Letras minúsculas, na coluna, comparam diferenças entre as duas profundidades de cada sistema, a 5 % pelo teste Tukey.

<sup>(1)</sup> Média de nove repetições. <sup>(2)</sup> Média de três repetições.

**Quadro 2. Valores médios dos índices de cone (IC) nas diferentes profundidades para os diferentes sistemas de manejo e tempo de adoção do sistema plantio direto**

Sistema <sup>(1)</sup>	IC <sub>0-10</sub>	IC <sub>10-20</sub>	IC <sub>20-30</sub>	IC <sub>30-40</sub>
	MPa			
MN	0,65 Cc	1,91 Cb	3,17 Ba	3,37 Aa
PC	1,15 Abc	1,92 Ca	1,60 Db	1,12 Dc
PD1	0,74 Cc	2,06 Cb	2,80 Ca	2,73 Ba
PD4	1,27 Ac	3,07 ABb	3,47 ABa	3,25 Aab
PD5	1,17 ABb	3,39 Aa	3,53 Aa	3,48 Aa
PD12	1,05 Bc	2,76 Ba	2,53 Ca	2,06 Cb

Letras maiúsculas, na coluna, comparam diferenças entre os sistemas a 5 % pelo teste Tukey.

Letras minúsculas, na linha, comparam diferenças entre as profundidades (IC) para cada sistema a 5 % pelo teste Tukey.

<sup>(1)</sup> Média de nove repetições.

Nos diferentes sistemas de cultivo, os sistemas PD4 e PD5 foram os que apresentaram maiores valores de (IC) em todas as profundidades, sendo esses valores, na profundidade de 20 a 30 cm, da ordem de 3,5 MPa.

Adotando o valor de 2,5 MPa como resistência crítica ao crescimento radicular da soja na consistência friável, segundo Torres & Saraiva

(1999), os resultados indicam que as áreas de PD4, PD5 e PD12, nas profundidades de 10–20 e 20–30 cm, apresentam valores superiores, evidenciando possíveis restrições à penetração de raízes, em períodos de déficit hídrico.

Os resultados apresentados (Quadro 2) indicam ser a resistência do solo à penetração determinação recomendável para avaliar a compactação,

considerando os sistemas de manejo e intensidade de tráfego, desde que suas determinações sejam realizadas com o solo dentro de uma mesma faixa de umidade, aumentando, desta forma, a sensibilidade das avaliações.

A análise de variância mostrou efeitos significativos do manejo e tempo de adoção no sistema plantio direto sobre a infiltração tridimensional e condutividade hidráulica do solo saturado (Quadro 3). Os sistemas PC, PD1, PD4 e PD5 não diferiram estatisticamente em relação à infiltração tridimensional, fato explicado, possivelmente, pela igualdade na macroporosidade (Quadro 1).

Os baixos valores de condutividade hidráulica no plantio convencional (PC) em relação ao PD12 (Quadro 3) deveram-se à desestruturação excessiva do solo, em decorrência da utilização da aração e gradagem, resultando, assim, em grande quantidade de partículas finas, selando parcialmente os poros, dificultando a ocorrência de maiores taxas de infiltração. O PD12 e a MN destacaram-se quanto aos atributos analisados. A condutividade hidráulica no PD12 e no MN foi 15 e 11 vezes, respectivamente, maiores que o PC (Quadro 3). Arzeno (1990), em estudo com permeâmetro de Guelph, encontrou também resultados superiores do plantio direto em relação ao PC. A explicação possível deve-se à continuidade de poros, à tortuosidade dos interstícios e à maior atividade biológica que facilita a movimentação tridimensional da água, dados também encontrados por Chan & Heenan (1993),

Castro (1995) e Sarvasi (1994). Estimativas de condutividade hidráulica saturada e infiltração, estatisticamente superiores para o plantio direto em relação aos sistemas de preparo convencional podem estar relacionadas com o fato de este atributo sofrer grande influência da porosidade do solo, da matéria orgânica e da estruturação do solo, conforme argumentam Cadima et al. (1980) e Jabro (1992). É de se esperar que, no plantio direto, as condições gerais dos atributos do solo estejam mais próximas das condições naturais que no plantio convencional.

A infiltração tridimensional no sistema MN foi menor do que no PD12 (Quadro 3), e alguns autores encontraram maior infiltração em área de mata nativa do que em solos cultivados (Leite & Medina, 1984; Corrêa, 1985), resultados estes não observados neste estudo, provavelmente pela presença de maior macroporosidade no PD12 (Quadro 1) na profundidade de 0–5 cm.

Os valores de condutividade hidráulica foram classificados segundo diferentes classes de permeabilidade adaptadas do Soil Survey Staff (1993), como: PC, PD1 e PD5: lenta (5–20 mm h<sup>-1</sup>), PD4: lenta a moderada (20–63,5 mm h<sup>-1</sup>), MN: moderada (63,5–127 mm h<sup>-1</sup>) e o PD12: moderada a rápida (127–254 mm h<sup>-1</sup>).

Neste estudo, foram encontrados valores elevados de coeficiente de variação (CV) de 30 % para a condutividade hidráulica do solo saturado com o permeâmetro de Guelph (Quadro 3), concordando com trabalhos de Arzeno (1990), Sarvasi (1994), Guimarães (2000) e Beutler et al. (2001). Housseini et al. (1993) encontraram valores de coeficiente de variação acima de 78 %. Castro (1995) obteve coeficientes de variação de 13,74 a 33,14 %, para a infiltração tridimensional, e de 14,75 a 23,60 %, para a condutividade hidráulica em diferentes profundidades.

## CONCLUSÕES

1. O tempo de adoção do sistema plantio direto proporcionou diminuição na densidade do solo na profundidade de 0–5 cm e não causou alterações na densidade do solo na profundidade de 10–15 cm.

2. O DMG foi crescente com o tempo de adoção do sistema plantio direto na profundidade de 0–5 cm e a MN apresentou maior DMG em ambas as profundidades.

3. A resistência do solo à penetração não apresentou tendência predominante de variação com o tempo de adoção do sistema plantio direto e em relação ao tipo de preparo.

4. O tempo de adoção do sistema plantio direto não promoveu diferenciação na porosidade total. O PD12 na profundidade de 0–5 cm apresentou maior macroporosidade e menor microporosidade.

**Quadro 3. Médias geométricas<sup>(1)</sup> de infiltração tridimensional correspondente à segunda carga hidráulica (9 cm) e da condutividade hidráulica do solo saturado e seus respectivos coeficientes de variação, determinados na profundidade de 0–15 cm nos diferentes sistemas de manejo e tempo de adoção do sistema plantio direto**

Sistema	Infiltração tridimensional	Condutividade hidráulica
	mm h <sup>-1</sup>	
MN	233,45 <sup>(1)</sup> B	119,18 <sup>(1)</sup> A
PC	83,50 C	10,42 C
PD1	94,82 C	16,67 BC
PD4	105,65 C	24,59 B
PD5	91,97 C	18,33 BC
PD12	374,63 A	157,51 A
CV (%)	6,54	30,13

Letras maiúsculas, na coluna, comparam diferenças entre os sistemas a 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

<sup>(1)</sup> Média de 30 repetições por sistema.

5. Os tratamentos PD12 e MN apresentaram maiores velocidades de infiltração tridimensional de água no solo e condutividade hidráulica do solo saturado.

### AGRADECIMENTO

À CAPES/PICDT, pela concessão da bolsa durante o curso de Doutorado.

### LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. R. Bras. Ci. Solo, 19:115-119, 1995.
- ARZENO, J.L. Avaliação física de diferentes manejos de solo em Latossolo Roxo distrófico. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1990. 259p. (Tese de Doutorado)
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. & PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob diferentes sistemas de manejo na região dos cerrados. R. Bras. Ci. Solo, 25:167-177, 2001.
- BOONE, F.R. Weather and other environmental factors influencing crop responses to tillage and traffic. Soil Till. Res., 11:283-324, 1988.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. R. Bras. Ci. Solo, 14:91-98, 1990.
- CADIMA, Z.A.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica em um Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, no campo. R. Bras. Ci. Solo, 4:63-66, 1980.
- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 14:99-105, 1990.
- CASTRO, O.M. Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1995. 174p. (Tese de Doutorado)
- CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R. & MARIA, I.C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. Anais. Campina, Fundação Cargill, 1987. p.27-51.
- CHAN, K.Y. & HEENAN, D.P. Surface hydraulic properties of a Red Earth under continuous cropping with different management practices. Aust. J. Soil Res., 31:13-24, 1993.
- CORRÊA, J.C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso (Typic Acrorthox) do Estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo do solo. Pesq. Agropec. Bras., 20:1381-1387, 1985.
- DA ROS, C.O.; LOPES, C.E.L.; SECCO, D. & PASA, L. Influência do tempo de adoção no sistema plantio direto nas características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. Resumos. Pelotas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1996. p.153-155.
- DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A. & PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma de estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. R. Bras. Ci. Solo, 21:241-247, 1997.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and tillage techniques in Paraná, Brazil. Soil Till. Res., 8:253-263, 1986.
- DIAS JUNIOR, M.S.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; SILVA, A.R. & FERREIRA, D.F. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. R. Árvore, 23:371-380, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FLOWERS, M.D. & LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a Mollic Ochraqualf in Northwest Ohio. Soil Till. Res., 48:21-35, 1998.
- GUIMARÃES, E.C. Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 89p. (Tese de Doutorado)
- HOUSSEINI, E.; GALLICHAND, J. & CARON, J. Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in South West Iran. Am. Soc. Agric. Eng., 36:1687-1693, 1993.
- JABRO, J.D. Estimation of saturated hydraulic conductivity of soils from particle size distribution and bulk density data. Am. Soc. Agric. Eng., 35:557-560, 1992.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.499-510.
- LANÇAS, K.P. & SANTOS, C.A. Penetrômetro hidráulico-eletrônico equipado com DGPS para avaliação da compactação do solo. In: BALBUENA, R.H.; BENEZ, S.H. & JORAJURIA, D., eds. Ingeniería rural y mecanización agraria en el ámbito latinoamericano. La Plata, 1998. p.570-576.
- LEITE, J.A. & MEDINA, B.F. Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. Pesq. Agropec. Bras., 19:1417-1422, 1984.

- LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. & DE MARIA, I.C. Manual de coleta de amostras e análises físicas para fins de experimentação em conservação do solo. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, Seção de Conservação do Solo, 1993. 77p.
- OLIVEIRA, G.C. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 78p. (Tese de Doutorado)
- REICHARDT, K. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas. 2.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. 505p.
- ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, M.G. & DERPSCH, R. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Paraná, Brazil. *Soil Till. Res.*, 11:81-91, 1988.
- SARVASI, F.O.C. Dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1994. 147p. (Tese de Doutorado)
- SAS Institute. SAS language and procedure: usage. Version 6. Cary, 1995. 373p.
- SIDIRAS, N. & VIEIRA, M.J. Comportamento de um Latossolo Roxo Distrófico, compactado pelas rodas do trator na semeadura - rendimentos de três culturas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 19:1285-1293, 1984.
- SILVA, H.P. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro fisicamente degradado em processo de recuperação. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986. 105p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. *Ci. Rural*, 30:795-801, 2000b.
- SILVA, M.L.N.; CURI, N. & BLANCANEAUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2485-2492, 2000a.
- SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, USDA, 1993. 437p. (Handbook, 18)
- SOWERS, G.F. Consistency. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis physical and mineralogical properties including statistics of measurements and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.391-399.
- TORMENA, C.A. & ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:333-339, 1996.
- TORRES, E. & SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23)