

Atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas sob três sistemas de preparo

Physical-hydric attributes of an Oxisol and crop yields under three tillage systems

ARZENO, J. L.¹, VIEIRA, S. R.^{2*} and SIQUEIRA, G. M.³

(1) Pesquisador Científico, Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), EEA Salta. Ruta 68 Km 172. Cerrillos, Salta (Argentina). E-mail: jarzeno@correo.inta.gov.ar

(2) Pesquisador Científico, Instituto Agronômico (IAC), Avenida Barão de Itapura 1481, CP 28 13020-902, Campinas, São Paulo, Brasil. * Autor correspondente. E-mail: sidney@iac.sp.gov.br

(3) Doutorando em Engenharia para o Desenvolvimento Rural, Universidade de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior, 27002, Lugo, España. E-mail: glecio.machado@rai.usc.es

Recibido: 14/01/2010

Revisado: 20/06/2010

Aceptado: 1/03/2011

Abstract

The objective of this work was to evaluate the changes in some soil physical-hydric attributes of an Oxisol and crop yields cultivated with three tillage systems. The experiment was conducted at the Centro Experimental Central, Instituto Agronômico (IAC), located in Campinas, SP, Brazil during the years of 1988-1989. The soil of the area is an Oxisol, managed with no-tillage, chisel plow and conventional tillage. The soil physical properties analyzed were: soil density, total porosity, macroporosity, microporosity, water retention, available water capacity, soil resistance to penetration. Crop yield was analyzed together with the soil physical-hydric properties. The tillage with chisel plow (PE) had the highest bulk density ($Mg\ m^{-3}$) and microporosity ($m^3\ m^{-3}$) in the sur-

face layer (0.0-0.1 m) for soybean and corn, but did not have higher available water (CAD, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). There was a difference between the soil water retention curves corresponding to pressures higher than 0.8 MPa for different tillage systems used for both soybeans and corn. The cultivation with no-tillage (NT) had the highest soil water content ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) along the oat cycle.

Key words: soil management; soil quality; soil water dynamics.

INTRODUÇÃO

O uso e manejo do solo podem ocasionar situações negativas para o desenvolvimento das culturas. A compactação do solo tem sido relatada como o principal problema nas áreas agrícola (CAMARGO & ALLEONI, 1997; ALBUQUERQUE et al., 2001).

No sistema de semeadura direta a maior compactação do solo ocorre principalmente na camada superficial devido ao tráfego de máquina e o não revolvimento do solo (BERTOL et al., 2001). Os problemas de compactação no preparo convencional e no preparo escarificador são registrados na camada subsuperficial, na faixa de transição entre o solo revolvido durante as operações agrícolas e solo sob estado natural, caracterizando o chamado pé-de-arado (ALBUQUERQUE et al., 2001).

A compactação do solo provoca também problemas de aeração e diminuição da infiltração de água no solo (ARSHAD et al., 1996; KERTZMANN, 1996; ASSIS & LANÇAS, 2005). No sistema de semeadura direta a manutenção da palha na superfície do solo favorece as perdas de solo por erosão (BERTOL *et al.* (1997), ademais de garantir um aporte contínuo de matéria orgânica que melhoram as características estruturais do solo, atuando diretamente sobre as propriedades físico-hídricas do solo (KERTZMANN, 1996; ASSIS & LANÇAS, 2005; BORTOLUZZI et al., 2008). No entanto, o não revolvimento do solo no sistema de semeadura direta, acarreta alterações negativas na estrutura do solo, associadas à reduzida rugosidade superficial, podem ser desfavoráveis à infiltração de água (CAMARA & KLEIN, 2005).

O uso de implementos como os escarificadores, que produzem superfícies mais ru-

gosas, que os implementos de disco, como as grades pesadas, têm por objetivo aumentar a porosidade, reduzir a densidade e, ao mesmo tempo, romper as camadas subsuperficiais compactadas (KOCHHANN & DENARDIN, 2000). O tipo e a época das operações de preparo influenciam o seu resultado, afetando a taxa de infiltração à velocidade da encurrada, a capacidade de armazenamento de água no solo e, por consequência, os riscos por erosão (LEVIEN et al., 1990).

De acordo com VIDAL VÁZQUEZ & DE MARIA (2003) as operações de preparo do solo, alteram principalmente a sua rugosidade, afetando o escoamento superficial e o armazenamento temporal de água de água no solo. FOSTER (1982) descreve a cobertura do solo como o fator que mais exerce influência sobre a erosão, uma vez que este processo é independente do sistema de preparo do solo.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar alguns atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho e a produtividade de culturas sob três sistemas de preparo em Campinas (São Paulo, Brasil).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomico em Campinas (São Paulo, Brasil). O solo da área de estudo de acordo com a classificação EMBRAPA (2006) é um Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa (Tabela 1) e segundo a classificação FAO (1994) é um Ferralsol. A área de estudo apresenta relevo pouco movimentado, altitude média de 660 m e as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 53' Sul e longitude 47° 04' Oeste.

Profundidade m	Argila	Silte	Areia total	Areia fina	Areia grossa
	g kg ⁻¹				
0,0-0,35	540,00	170,00	290,00	230,00	60,00
0,35-0,68	640,00	80,00	280,00	230,00	50,00
0,68-1,20	660,00	80,00	260,00	200,00	60,00
1,20-2,00	640,00	100,00	260,00	220,00	40,00
+2,00	640,00	80,00	280,00	250,00	30,00

Tabela 1. Classificação textural do solo da área de estudo.

Os tratamentos consistiram de três sistemas de preparo com três repetições: semeadura direta (SD), preparo com escarificador (PE) e preparo convencional (PC). O preparo com escarificador consistiu de preparo primário com arado escarificador, com hastes de 0,25 m entre sulcos, a 0,30 m de profundidade, seguido de duas gradagens niveladoras e semeadura. O preparo convencional consiste de preparo primário com arado de discos, incorporando os restos da cultura anterior, seguido de duas gradagens niveladoras e semeadura.

As medições foram realizadas em parcelas experimentais de 15,0 m x 7,5 m cultivadas com milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.) sob cultivo contínuo no verão e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) no inverno, no ano agrícola de 1988/89.

A produtividade das culturas (soja, milho e aveia preta) foi determinada em parcelas de 5 m² (2,0 m x 2,5 m), sendo os resultados expressos em t ha⁻¹. A cobertura do solo pelos resíduos culturais após a colheita foi avaliada pelo método da corda marcada ou linha de transecção de pontos, seguindo os procedimentos descritos por HARTWIG & LAFLEN (1978).

Amostras indeformadas de solo foram coletadas após a colheita do milho e da soja, nos diferentes sistemas de preparo, em trincheiras (1 m²) na camada de 0,0-0,5 m de profundidade utilizando-se anéis volumétricos de 100 cm³, para a determinação da densidade (Mg m⁻³), porosidade total (m³ m⁻³), macroporosidade (m³ m⁻³), microporosidade

(m³ m⁻³), capacidade de água disponível (m³ m⁻³) e a curva de retenção de água no solo (m³ m⁻³) de acordo com metodologia proposta por CAMARGO *et al.* (1986).

A resistência do solo à penetração (RP, MPa) foi determinada utilizando um penetrômetro de impacto (STOLF, 1984) na camada de 0,0-0,6 m de profundidade com 10 repetições para cada tratamento após a colheita de soja e milho. Conjuntamente com as leituras de resistência à penetração foi determinada a umidade volumétrica do solo (m³ m⁻³) utilizando a técnica de reflectometria de domínio do tempo (TDR, TOPP *et al.*, 1980), em duas profundidades: 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m.

Durante o ciclo da aveia preta foi realizado monitoramento do conteúdo volumétrico de água no solo (m³ m⁻³) com TDR na camada de 0,0-0,15 m de profundidade nos dias 30/05/1989, 13/07/1989, 17/07/1989, 25/07/1989, 03/08/1989, 11/08/1989 e 22/08/1989, sendo instaladas sete sondas TDR por parcela.

A infiltração de água no solo após a colheita da soja e milho foi determinada utilizando um permeâmetro de carga constante modelo IAC a 0,15 m e 0,5 m de profundidade, em cinco pontos por parcela, seguindo os procedimentos descritos por VIEIRA (1998).

A infiltração após a colheita da aveia preta foi determinada utilizando um simulador de chuva tipo Goettingen descrito por ROTH (1984) em micro parcelas de 0,234 m² (0,495 m x 0,473 m) sendo a infiltração

determinada pela diferença entre a chuva aplicada (60 mm h^{-1}) e o escoamento superficial. Foram aplicadas duas chuvas simuladas e em cada chuva simulada foi determinada a perda de solo por erosão, conforme descrito por ARZENO (1990). A infiltração na superfície do solo após a colheita da aveia preta foi determinada apenas após a primeira chuva simulada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O preparo escarificador (PE) apresentou o maior valor de densidade do solo (Mg m^{-3} , Tabela 2) na camada de 0,0-0,1 m de profundidade no sistema cultivado com soja ($1,33 \text{ Mg m}^{-3}$) e milho ($1,41 \text{ Mg m}^{-3}$). De acordo com ABREU et al. (2004)

a presença de maiores valores de densidade do solo no preparo escarificador, está relacionada com reconsolidação do solo entre o período da realização do preparo do solo e a amostragem. Por outra parte, deve-se considerar que o aumento da densidade do solo na camada de 0,0-0,1 m de profundidade assegurou maiores valores de microporosidade, $0,457 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,427 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente para o solo cultivado com soja e milho. Todavia, este aumento nos valores de microporosidade não assegurou maiores de água disponível para as plantas ($\text{CAD, m}^3 \text{ m}^{-3}$), sendo o preparo convencional o sistema que apresentou os maiores valores de CAD na camada de 0,0-0,1 de profundidade.

Tabela 2. Densidade (kg dm^{-3}), porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) e microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) para os distintos sistemas de preparo do solo cultivados com soja e milho.

Profundidade (m)	Cultura	Sistema de preparo	Ds	PT	Macro	Micro	CAD
			Mg m^{-3}	----- $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ -----			
0,00-0,10	Soja	SD	1,31	0,552	0,122	0,430	0,051
0,10-0,20			1,39	0,530	0,109	0,421	0,085
0,20-0,30			1,31	0,547	0,142	0,427	0,135
0,30-0,50			1,24	0,560	0,158	0,401	0,079
0,00-0,10		PE	1,33	0,532	0,075	0,457	0,065
0,10-0,20			1,36	0,553	0,125	0,428	0,072
0,20-0,30			1,35	0,533	0,155	0,428	0,057
0,30-0,50			1,22	0,575	0,166	0,413	0,103
0,00-0,10		PC	1,26	0,556	0,150	0,406	0,100
0,10-0,20			1,37	0,569	0,141	0,429	0,072
0,20-0,30			1,36	0,542	0,117	0,425	0,112
0,30-0,50			1,26	0,536	0,138	0,414	0,098
0,00-0,10	Milho	SD	1,36	0,551	0,126	0,425	0,061
0,10-0,20			1,40	0,526	0,110	0,416	0,068
0,20-0,30			1,48	0,555	0,142	0,413	0,088
0,30-0,50			1,24	0,563	0,157	0,408	0,082
0,00-0,10		PE	1,41	0,561	0,134	0,427	0,025
0,10-0,20			1,40	0,521	0,141	0,410	0,023
0,20-0,30			1,39	0,553	0,146	0,407	0,101
0,30-0,50			1,22	0,576	0,176	0,400	0,034
0,00-0,10		PC	1,40	0,586	0,184	0,402	0,078
0,10-0,20			1,48	0,589	0,093	0,437	0,109
0,20-0,30			1,39	0,560	0,151	0,409	0,082
0,30-0,50			1,25	0,560	0,151	0,409	0,065

Em profundidade (0,0-0,5 m) verifica-se um aumento generalizado da densidade do solo (Mg m^{-3} , Tabela 2) para todos os sistemas de preparo do solo. Este aumento da densidade do solo (Mg m^{-3}) esta relacionado com o aumento do conteúdo de argila em profundidade para o solo da área de estudo. CAMARGO & ALLEONI (1997) descrevem que valores de densidade do solo maiores que $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ são restritivos para o desenvolvimento vegetal em solos franco-argilosos a argilosos. Verifica-se que neste estudo, o maior valor de densidade do solo é de $1,41 \text{ Mg m}^{-3}$ para o preparo escarificador (PE) cultivado com milho na camada de 0,0-0,1 de profundidade, indicando não haver problemas de compactação que sejam restritivos para o desenvolvimento das culturas.

ARSHAD *et al.* (1996) descrevem que valores de macroporosidade menores que $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ restringem o movimento de água no perfil do solo. Neste sentido, verifica-se que o manejo do solo tem alterado desfavoravelmente os valores de macroporosidade principalmente na camada arável (0,0-0,3 m de profundidade), uma vez que os valores de macroporosidade do solo são inferiores ao valor de $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ proposto por ARSHAD *et al.* (1996). A camada subsuperficial (0,3-0,5 m de profundidade) apresentou valores de macroporosidade

maiores que $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, exceto para o preparo convencional (PC) cultivado com soja ($0,138 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$).

A curva de retenção de água no solo (Figura 1) para os distintos sistemas de preparo demonstra que na camada de 0,0-0,1 m de profundidade para o solo cultivado com soja o preparo com semeadura direta (SD) apresentou a maior quantidade de água armazenada. No solo cultivado com milho o preparo escarificador (PE) apresentou a maior quantidade de água armazenada na camada de 0,0-0,1 m de profundidade. Na camada de 0,1-0,2 m de profundidade o solo cultivado com soja sob semeadura direta (SD) e o solo cultivado com milho com preparo convencional (PC) apresentaram a maior quantidade de água armazenada. CAMARA & KLEIN (2005) descrevem que o aumento do armazenamento de água no sistema de semeadura direta é devido ao aporte contínuo de matéria orgânica na superfície do solo, que contribui favoravelmente para o aumento da capacidade de retenção de água. Por outra parte, deve-se considerar que o não revolvimento do solo no sistema com semeadura direta favorece um aumento da densidade do solo na camada superficial que também contribui para o aumento da retenção de água no solo (BERTOL *et al.*, 2001).

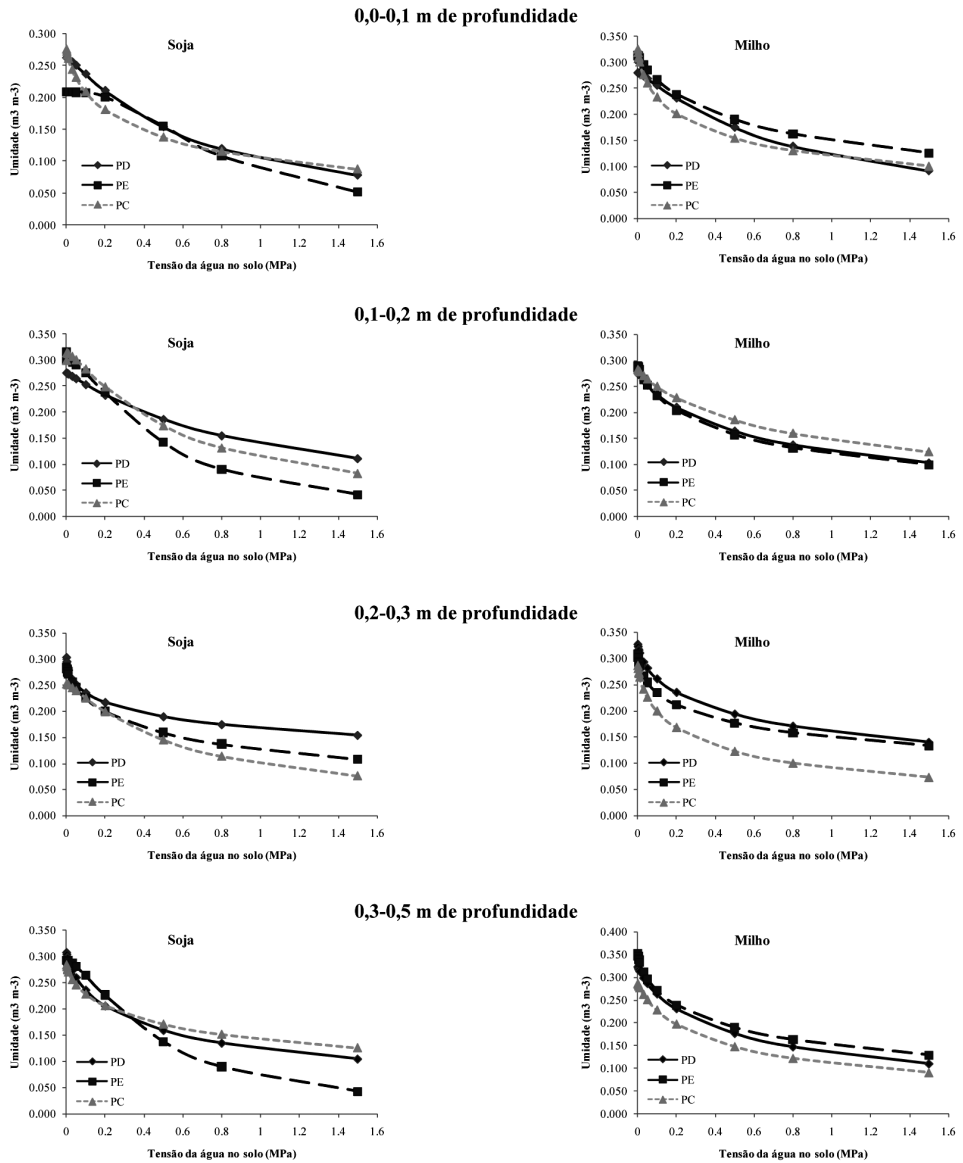


Fig. 1. Curva de retenção da água no solo para os três sistemas de preparo do solo com soja e milho.

O fato do preparo com escarificador (PE) e o preparo convencional (PC) apresentarem maior retenção de água no solo nas camadas de 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m de profundidade respectivamente, deve-se porque estes sistemas de preparo apresentaram à maior microporosidade nestas camadas do solo, conforme demonstrado na Tabela 2.

Na camada de 0,2-0,3 m de profundidade o preparo com semeadura direta (SD) apresentou a maior retenção de água no solo cultivado com soja e milho. O preparo convencional (PC) e o preparo com escarificador (PE) apresentaram o maior armazenamento de água na camada de 0,3-0,5 m de profundidade para o solo cultivado com soja e milho. BORTOLUZZI *et al.* (2008) estudando o armazenamento de água no sistema de semeadura direta (SD) e preparo convencional (PC) descrevem que o conteúdo de água a partir de 1,6 MPa não foi sensível ao manejo do solo. Todavia, para o pre-

sente estudo verifica-se que principalmente a partir de 0,8 MPa houve diferenciação do conteúdo de água no solo entre os distintos sistemas de preparo.

A resistência do solo à penetração (RP, MPa) demonstra que o preparo com semeadura direta (SD) apresentou os maiores valores de RP na camada de 0,0-0,2 m de profundidade e que com o aumento da profundidade os valores de RP para o preparo com semeadura direta (SD) diminuem, principalmente no sistema de preparo cultivado com soja, sendo neste caso, o preparo escarificador (PE) o sistema com maiores valores de RP em profundidade. Nos sistemas de preparo cultivados com milho, verifica-se que os preparo convencional (PC) apresenta maiores valores de RP na camada de 0,2-0,4 m de profundidade, indicando a presença do chamado pé-de-arado, corroborando com ALBUQUERQUE *et al.* (2001).

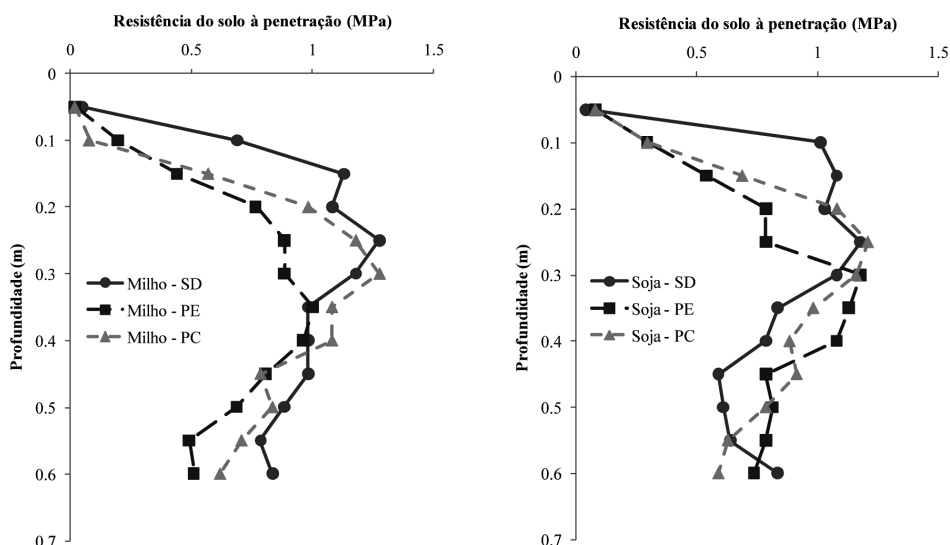


Fig. 2. Resistência do solo à penetração (MPa) para os distintos sistemas de preparo cultivado com soja e milho.

Com relação aos valores de resistência do solo à penetração (RP, MPa) não existem um consenso sobre qual seria um valor limitante para o desenvolvimento dos cultivos. ARSHAD et al. (1996) descrevem que valores de RP maiores que 2,0 MPa são restritivos para o desenvolvimento dos cultivos. CAMARGO & ALLEONI (1997) descrevem que valores variando entre 1,0 MPa e 2,5 MPa não oferecem nenhuma limitação para o desenvolvimentos dos cultivos, sendo então considerados baixos. Para o presente estudo, não foram encontrados valores de RP maiores que 2,0 MPa indicando que nos três sistemas de preparo cultivados com soja

e milho não houve limitação para o desenvolvimento radicular.

A umidade volumétrica do solo no momento das medições de RP (Tabela 3) demonstram que na camada de 0,0-0,2 m de profundidade o preparo com semeadura direta (SD) cultivado com soja e milho apresentava o maior conteúdo de água no solo (0,257 m³ m⁻³ e 0,249 m³ m⁻³, respectivamente). Na camada de 0,2-0,4 m de profundidade o preparo escarificador (PE) apresentou o maior valor de umidade no sistema cultivado com soja (0,265 m³ m⁻³) e o preparo com semeadura direta (SD) apresentou o maior valor de umidade no solo cultivado com milho (0,272 m³ m⁻³).

	SD	PE	PC
	0,00-0,20 m de profundidade		
Soja	0,257	0,249	0,191
Milho	0,249	0,233	0,217
	0,20-0,40 m de profundidade		
Soja	0,262	0,265	0,260
Milho	0,272	0,243	0,256

Tabela 3. Umidade volumétrica do solo (m³ m⁻³) durante o processo de avaliação da resistência do solo à penetração.

O preparo escarificador (PE) apresentou os maiores valores de infiltração na superfície do solo (0,15 m de profundidade, mm h⁻¹) e em subsuperfície (0,50 m de profundidade, Tabela 4) para o solo cultivado com soja (54,70 mm h⁻¹ e 185,90 mm h⁻¹), enquanto que no solo cultivado com milho o preparo com semeadura direta (SD) apresentou os maiores valores de infiltração (73,48 mm h⁻¹ e 148,59 mm h⁻¹). ASSIS & LANÇAS (2005) estudando a infiltração até 0,15 m de profundidade entre o prepa-

ro com semeadura direta (SD) e o preparo convencional (PC) com um equipamento similar ao utilizado neste estudo, encontraram maiores valores de infiltração (mm h⁻¹) para o sistema de semeadura direta (SD), esta diferença se deve à desestruturação do solo no PC, 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.

Variável	Sistema de preparo					
	SD	PE	PC	SD	PE	PC
	----- Soja -----			----- Milho -----		
Infiltração a 0,15 m de profundidade (mm h ⁻¹)	41,92	54,70	35,93	73,48	60,69	24,76
Infiltração a 0,50 m de profundidade (mm h ⁻¹)	161,80	185,90	152,76	148,59	113,6	110,68
Produtividade (t ha ⁻¹)	2,49	2,30	2,44	5,08	5,45	5,96
Cobertura vegetal (%)	73,00	64,40	53,20	66,10	65,40	52,50

Tabela 4. Produtividade (t ha⁻¹), cobertura vegetal (%) e infiltração (mm h⁻¹) para os três sistemas de preparo após a colheita de soja e milho.

O solo com semeadura direta (SD) apresentou a maior porcentagem de cobertura vegetal (%), Tabela 4) para o solo cultivado com soja (73,00 %) e milho (66,10 %). No entanto, o sistema de semeadura direta (SD) não apresentou os maiores valores de produtividade de soja (2,49 t ha⁻¹) e milho (5,08 t ha⁻¹), sendo que no solo cultivado com milho o preparo convencional (PC) apresentou a maior produtividade (5,96 t ha⁻¹).

A Figura 3 apresenta a umidade do solo medida com TDR na camada superficial (0,0-0,15 m de profundidade) durante o ciclo da aveia preta após o cultivo de soja e milho. Verifica-se que o preparo com semeadura direta (SD) apresentou sempre o maior conteúdo de água no solo (m³ m⁻³) durante o ciclo da aveia preta, quando comparado aos demais sistemas de preparo do solo.

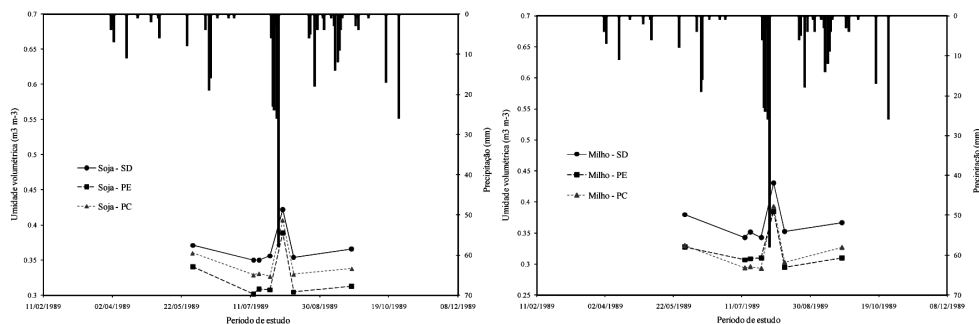


Fig. 3. Precipitação pluviométrica (mm) e umidade volumétrica (m³ m⁻³) ao longo do ciclo da aveia preta para os distintos sistemas de preparo com soja e milho.

O preparo com escarificador (PE) apresentou os menores valores de umidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) no solo cultivado com soja durante o ciclo da aveia preta. No solo cultivado com milho, o preparo convencional (PC) apresentou inicialmente os menores valores de umidade do solo durante o ciclo da aveia preta, todavia a partir de 25/07/1989 o preparo com escarificador (PE) apresentou os menores valores de umidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

Os valores de infiltração (mm h^{-1}) com simulador de chuva após a colheita da aveia preta (Tabela 5) demonstram que no solo sob semeadura direta (PD) cultivado com

soja apresentou o maior valor de infiltração ($50,85 \text{ mm h}^{-1}$), e para o solo cultivado com milho o preparo com escarificador (PE) apresentou o maior valor de infiltração com simulador de chuva ($39,75 \text{ mm h}^{-1}$). KERTZMANN (1996) estudando a infiltração de água no solo em sistemas naturais e sistemas mecanizados encontrou uma diminuição drástica da taxa de infiltração de água no solo, correspondendo a 20 vezes menos que o solo em estado natural, sendo que os valores de infiltração de água no solo encontrados neste estudo são semelhantes aos encontrados por KERTZMANN (1996).

Variável	Sistema de preparo					
	SD	PE	PC	SD	PE	PC
	----- Soja -----			----- Milho -----		
Infiltração com chuva simulada (mm h^{-1})	50,85	37,85	37,35	35,10	39,75	36,45
Perda de solo - 1ª chuva simulada (t ha^{-1})	0,0113	0,0172	0,0134	0,0077	0,0118	0,0198
Perda de solo - 2ª chuva simulada (t ha^{-1})	0,0184	0,0245	0,0189	0,0071	0,0124	0,0284
Produtividade da aveia-preta (t ha^{-1})	4,34	4,13	4,24	4,03	4,10	3,85
Cobertura vegetal da aveia-preta (%)	68,00	51,00	43,90	65,10	52,50	44,30

Tabela 5. Infiltração na superfície (mm h^{-1}), perda de solo (t ha^{-1}), cobertura vegetal (%) e produtividade (t ha^{-1}) da aveia-preta.

O preparo com escarificador (PE) apresentou a maior perda de solo por erosão após a aplicação da primeira e segunda chuva simulada (Tabela 5) para o solo cultivado com soja ($0,0172 \text{ t ha}^{-1}$ e $0,0245 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente), enquanto que no solo cultivado com milho o preparo convencional (PC) apresentou as maiores perdas de solo por erosão ($0,0198 \text{ t ha}^{-1}$ e $0,0284 \text{ t ha}^{-1}$). A maior perda de solo por erosão no preparo escarificador (PE) e no preparo conven-

cional (PC) está relacionada com a menor quantidade de palha na superfície do solo após a colheita da aveia preta, sendo o preparo com semeadura direta (SD) o sistema que apresentou os maiores valores de cobertura vegetal (%), Tabela 5).

BERTOL et al. (1997) descrevem que um manejo do solo com 60 % de cobertura promove uma redução de 80 % das perdas de solo em relação ao manejo com ausência de cobertura, justificando desta maneira as

menores perdas de solo por erosão no solo com semeadura direta (SD).

Com relação à produtividade de aveia preta (Tabela 5), o sistema de semeadura direta (SD) cultivado com soja apresentou a maior produtividade (4,34 t ha⁻¹), enquanto que no solo com milho o preparo com escarificador (PE) apresentou a maior produtividade (4,10 t ha⁻¹). O fato do preparo escarificador (PE) cultivado com milho apresentar a maior produtividade de aveia preta, pode estar relacionada com a resistência do solo à penetração (RP), uma vez que este sistema de preparo apresentou os menores de RP quando comparado aos demais sistemas de preparo (Figura 2). Por outra parte, verifica-se na Figura 1 que o preparo com escarificador (PE) no solo cultivado com milho apresentou os maiores de umidade (m³ m⁻³) nas distintas profundidades estudadas, o que favorece uma maior produtividade de aveia preta neste sistema em relação aos demais sistemas de preparo.

CONCLUSÕES

O preparo do solo com escarificador (PE) apresentou os maiores valores de densidade (Mg m⁻³) e microporosidade (m³ m⁻³) na camada superficial (0,0-0,1 m de profundidade) para os cultivos de soja e milho, sem apresentar maior quantidade de água disponível (CAD, m³ m⁻³). Houve diferenciação da curva de retenção de água no solo a partir de 0,8 MPa para os diferentes sistemas de preparo cultivados com soja e milho. O preparo com semeadura direta (SD) apresentou o maior conteúdo de água no solo (m³ m⁻³) ao longo do ciclo da aveia preta. A maior cobertura vegetal (%) no preparo com semeadura direta proporcionou menores valores de perda de solo por erosão,

quando comparado aos demais sistemas de preparo. A maior produtividade (t ha⁻¹) no sistema de soja com sucessão com aveia preta foi maior para o sistema com semeadura direta (SD), enquanto que no sistema com milho em sucessão com aveia preta o preparo convencional (PC, 5,96 t milho ha⁻¹) e o preparo escarificador (PE, 4,10 t aveia preta ha⁻¹) apresentaram a maior produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L., REICHERT, J. M. and REINERT, D. J. (2004). Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.28, p.519-53.
- ALBUQUERQUE, J. A., SANGOI, L. and ENDER, M. (2001). Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, **25**:717-723.
- ARSHAD, M. A., LOWER, B. and GROSSMAN, B. (1996). Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W. and JONES, A. J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: *Soil Science Society of America*, 1996. p.123-141. (SSSA Special publication 49).
- ARZENO, J. L. (1990). *Avaliação física de diferentes manejos de solo em um Latossolo roxo – distroférrico*. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 259 p.
- ASSIS, R. L. and LANÇAS, K. P. (2005). Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(4), 515-522.

- BERTOL, I., BEUTLER, J. F., LEITE, D. and BATISTELA, O. (2001). Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-560.
- BERTOL, O. J., AMADO, T. J. C., SCHLOSSER, J. F. and REINERT, D. J. (1997). Desempenho de mecanismos sulcadores de semeadura sob condições de preparo reduzido do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, **21**:257-262.
- BORTOLUZZI, E. C., SILVA, V. R., PETRY, C. and CECCHETTI, D. (2008). Porosidade e retenção de água em um argissolo sob manejos convencional e direto submetido a compressões unidimensionais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **32**, p.1447-1457.
- CAMARA, R. K. and KLEIN, V. A. (2005). Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **29**, p.789-796.
- CAMARGO, O. A. and ALLEONI, L. R. F. (1997) *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: ESALQ, 132p.
- FOSTER, G. R. (1982). Modeling the erosion process. In: BASSELMAN, J.A., ed. *Hidrological modeling of small watersheds*. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers. P.297-300.
- HARTWIG, R. O. and LAFLEN, J. M. (1978). A meterstick method for measuring crop residue cover. *Journal of Soil Water Conservation*, **33**:90-91.
- KERTZMANN, F. F. (1996). *Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocado pela compactação*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 153p. (Tese de Doutorado)
- KOCHHANN, R. A. and DENARDIN, J. E. (2000). *Implementação e manejo do sistema plantio direto*. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPQ, 36p.
- LEVIEN, R., COGO, N. P. and ROCKENBACH, C. A. (1990). Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, **14**:73-80.
- ROTH, C. H. (1994). *Relatório sobre o desenvolvimento de um simulador de chuvas tipo Goehingen modificado e melhorado*. Convênio IAPAR/GTZ/Universidade de Goehingen. 11p. Londrina.
- TOPP, G. C., DAVIS, J. L. and ANNAN, A. P. (1998). Eletromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, Washington, v.16, p.574-582, 1980.
- VIEIRA, S.R. Permeômetro: novo aliado na avaliação de manejo do solo. Campinas: *O Agrônomo*, v.47-50, 125p..