

Alterações da porosidade e da densidade de um Latossolo Vermelho Distrófico em dois sistemas de manejo de solo

Catarina Maria de Souza Thimóteo, Elisabete Rumiko Yonamini Beninni, Ives Massanori Murata e João Tavares Filho*

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina. C. P. 6001, 86051-990, Londrina, Paraná, Brasil. *Author for correspondence.

RESUMO. Este trabalho teve como objetivo avaliar alterações na porosidade e densidade do solo em Latossolo Vermelho Distrófico, sob dois sistemas de manejo do solo: plantio direto e preparo convencional. As amostras foram coletadas aleatoriamente em duas profundidades (0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m), e uma área de mata foi considerada como testemunha. O experimento foi conduzido durante o período de 1997 a 2000, na Fazenda Primavera, localizada no município de Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo. O delineamento estatístico utilizado foi em parcelas subdivididas, com 3 parcelas (plantio direto, convencional e mata), 2 subparcelas (0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m de profundidade) e 4 repetições. Na análise dos resultados, verificou-se que o sistema de plantio direto apresentou uma tendência de aumento na compactação do solo, através dos valores obtidos de densidade de solo ($1,81 \text{ Kg.dm}^{-3}$) e microporosidade ($0,21 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) superiores aos encontrados no sistema de plantio convencional e mata, na camada de 0,10 – 0,20 m de profundidade.

Palavras-chave: porosidade, densidade do solo, plantio direto.

ABSTRACT. Porosity and bulk density alterations of oxisol in two cultivation systems. No-tillage and conventional tillage on alterations of porosity and bulk density in “distrophic dark red latisol” (Oxisol) is evaluation. Whereas samples were randomized and collected at two depths (0-0.10 and 0.10 – 0.20 m), the forest area was considered a control. Experiment, performed during 1997 – 2000, at Primavera Farm in Paraguaçu Paulista SP Brazil, had a design consisting of a split plot, with 3 main plots (no-tillage, conventional tillage and forest area), 2 subplot (0 – 0.10 and 0.10 – 0.20 m deep) and 4 replications. Results showed that no-tillage system tended towards an increase in soil compacting by density (1.81 Kg.dm^{-3}) and microporosity ($0.21 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), with higher values than those of conventional tillage and forest area at depths 0.10 – 0.20 m.

Key words: porosity, bulk density, no-tillage.

O preparo do solo constitui uma operação importante no manejo das culturas, pois consiste em criar um ambiente favorável ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Lal (1977) o definiu como sendo a modificação de propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo para otimizar as condições para germinação de sementes, emergência e estabelecimento das plântulas.

As propriedades físicas do solo são modificadas de acordo com o manejo a que ele é submetido, que normalmente é agravada pelo constante uso de implementos e tráfego agrícola utilizados no preparo convencional. Algumas mudanças ocorrem em um período curto de tempo ou mesmo em uma simples prática de preparo; outras, apenas serão visíveis ou

mensuráveis com um manejo contínuo (Vieira, 1981).

Dentre as modificações físicas do solo, a compactação é atualmente um dos fatores relevantes no contexto de manejo de solo. Contribui com a redução da taxa de infiltração e da capacidade de armazenamento de água do solo, bem como dificulta o estabelecimento de trocas gasosas com a atmosfera e aumenta a resistência à penetração das raízes, resultando em quedas acentuadas de produção, podendo também causar redução da adsorção de nutrientes pelo solo ou redução de sua absorção pelas plantas (Lafond *et al.*, 1992; Cury, 2000). A resistência mecânica é uma propriedade do solo que pode ser influenciada pelos processos de

compactação ou de adensamento decorrentes do uso e manejo do solo (Kondo e Dias Junior, 1999).

Outro fator a ser considerado na compactação do solo é a diminuição da macroporosidade que, de acordo com Cury (2000), reduzirá a infiltração de água no solo. Segundo Cardoso (1998), uma forma de reduzir o problema de compactação do solo seria a adoção do sistema de plantio direto, que após algum tempo, incentiva a atividade biológica, promovendo a formação de agregados e melhorando a infiltração, por proporcionar melhoria na porosidade.

A densidade do solo é, com certa restrição, a medida quantitativa mais direta da compactação do solo (Camargo e Alleoni, 1997). É uma propriedade relativamente instável, variando de solo para solo e dentro de um mesmo solo, dependendo principalmente do grau de compactação, dos teores de matéria orgânica, da presença ou ausência de cobertura vegetal, do sistema de cultivo empregado e da profundidade (Gavande, 1976; Kiehl, 1979; Brady, 1989). Tal fato é assinalado por Kiehl *et al.* (1972), que ressaltam que, para uma correta interpretação dos resultados da densidade do solo, é indispensável compará-los com outras informações, como densidade de partículas, distribuição dos poros por tamanho, teor de matéria orgânica e grau de agregação.

Jorge *et al.* (1991) relatam que tanto a porosidade como a densidade do solo são parâmetros que controlam as relações ar-água e indicam o estado e a perspectiva de penetração de raízes, além de servirem de orientação no manejo do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a alteração da porosidade e densidade do solo de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob dois sistemas de manejo do solo: plantio direto e preparo convencional.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Primavera, localizada no município de Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo. As características climáticas predominantes na região constituem estações quente e fria bem definidas, inverno seco, com temperatura média anual máxima em torno de 30°C e média anual mínima em torno de 15°C, caracterizando clima Subtropical. A precipitação pluviométrica, média anual é de, aproximadamente, 1300 mm, concentrada nos meses de novembro a março e acumulam aproximadamente 60 % da precipitação anual. Localiza-se a 25° latitude Sul e 55° longitude Oeste, com 488 m de altitude (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1957).

De acordo com o levantamento topográfico, a área em estudo possui declividade de 3 % e, segundo Embrapa (1999), o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. As análises texturais das amostras estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização textural do solo, segundo Embrapa (1997)

Manejos	g Kg ⁻¹		
	Areia	Silte	Argila
Plantio convencional	880,00	88,30	31,70
Plantio direto	888,00	82,00	30,00
Mata	905,00	76,70	18,30

A área em estudo vinha sendo explorada em um sistema extensivo de pecuária ocupada por pastagem. No período de 1995 a 1997, a área foi preparada pelo sistema convencional utilizando arado de aiveca e gradagem niveladora, cultivado com soja e milho.

Em 1997, a área foi dividida em dois sistemas de manejo do solo: preparo convencional (aração seguida de gradagens) e plantio direto. Em ambos os manejos foram cultivados soja no verão e milho safrinha no inverno. Em 1998, na área de plantio direto, cultivou-se milho, com o objetivo de produzir massa vegetal para cultivo da soja. A área com preparo convencional permaneceu em pousio. Em 1999, foi realizado o plantio da mandioca sobre os respectivos manejos adotados. No plantio direto, realizou-se o plantio da mandioca sobre a palhada da soja, utilizando-se a plantadora modelo Plant Center de duas linhas com discos de corte e hastes adaptadas para plantio direto. No sistema de plantio convencional realizou-se uma aração com arado de aiveca a 0,20 m de profundidade e uma gradagem niveladora.

Em ambos os sistemas de manejo de solo, coletaram-se amostras, próximo à época de colheita da cultura da mandioca (maio de 2000). O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas, com 3 parcelas e 2 subparcelas. Para a análise dos dados, realizou-se a análise de variância e teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Estudaram-se 3 tratamentos que constituíram as parcelas: plantio direto, preparo convencional e mata (testemunha), localizada próxima da área dos dois sistemas de manejo. As subparcelas constituíram de duas profundidades de amostragem de solo: de 0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, com quatro repetições. As amostras indeformadas foram coletadas aleatoriamente dentro das parcelas, utilizando-se anéis de polivinil - PVC (com 5 cm de altura e 5,4 cm de diâmetro) para determinações de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade. A distribuição dos poros foi obtida mediante curva

de retenção de água, nas tensões equivalentes a 0,003 MPa e 0,006 MPa. Foram coletadas amostras para determinação de granulometria e densidade de partícula (Embrapa, 1997). Determinou-se o teor de matéria orgânica pelo método de Walkley-Black (Pavan *et al.*, 1992).

No momento da coleta, todas as amostras foram envoltas com filme plástico, com a finalidade de preservar a umidade.

Resultados e discussão

A textura arenosa do solo sob os três manejos estudados foi caracterizada na Tabela 1. Através da densidade de partículas, 2,64; 2,61 e 2,67 g.cm⁻³ para plantio convencional, plantio direto e mata, respectivamente, podem ser constatados valores correspondentes àqueles encontrados no quartzo (2,65 – 2,66 g.cm⁻³, segundo Kiehl, 1979), comprovando os maiores teores deste tipo de mineral no solo estudado.

A densidade do solo e as variáveis referentes à porosidade não apresentaram efeito de interação entre os manejos e as profundidades (Tabela 2). Constata-se que não houve efeito entre os manejos na quantidade de poros totais, apresentando diferença estatística somente entre as duas profundidades estudadas. De acordo com as observações de Kiehl (1979), o conhecimento da porosidade total de um solo não constitui uma informação muito importante para caracterizar suas propriedades; para isto, é necessário conhecer a distribuição do tamanho dos seus poros.

Os poros totais do solo constituem-se de macro e microporos, sendo que o aumento de um reduzirá a quantidade do outro. Quando ocorrer uma diminuição da macroporosidade, poderá ocasionar um aumento de densidade do solo, diminuição de infiltração de água e, conseqüentemente, maior suscetibilidade do solo à erosão. A distribuição poral do solo além de estar diretamente relacionada à textura, também está sujeita a alterações de acordo com o manejo do solo.

No presente experimento, o plantio convencional e mata apresentaram os maiores valores de macroporosidade, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) entre si. O plantio direto apresentou os menores valores de macroporosidade em relação à mata e o plantio convencional, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) da mata (Tabela 2). Os mesmos resultados foram obtidos por Waggoner e Denton (1989) e Hill (1990), que observaram um maior volume de macroporos em solos arados em relação a solos não preparados. Pierce *et al.* (1994) obtiveram resultados

semelhantes, quando compararam preparo convencional e plantio direto, constatando aumento da macroporosidade, diminuição da microporosidade e da densidade do solo devido à aração. Os macroporos na profundidade de 0 – 0,10 m foram estatisticamente ($p < 0,05$) superiores ao de 0,10 – 0,20 m.

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo e distribuição do diâmetro dos poros, em função dos dois sistemas de manejo (plantio convencional e direto) e mata, em duas profundidades (0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m)

Manejo	Profundidade (m)		Média
	0 – 0,10	0,10 – 0,20	
Densidade do solo (Kg dm ⁻³)			
Plantio convencional	1,50	1,77	1,63 A ⁽²⁾
Plantio direto	1,51	1,81	1,66 A
Mata	1,49	1,70	1,60 A
Média	1,50 b ⁽¹⁾	1,76 a	
CV (%)	4,55		
Poros totais (m ³ m ⁻³)			
Plantio convencional	0,4805	0,3990	0,4397 A ⁽²⁾
Plantio direto	0,4272	0,3662	0,3967 A
Mata	0,4867	0,4205	0,4544 A
Média	0,4648 a ⁽¹⁾	0,3958 b	
CV (%)	7,87		
Microporos (Poros < 50 µ) (m ³ m ⁻³)			
Plantio convencional	0,1400	0,1577	0,1489 B ⁽²⁾
Plantio direto	0,2031	0,2061	0,2046 A
Mata	0,1152	0,1370	0,1260 C
Média	0,1528 b ⁽¹⁾	0,1669 a	
CV (%)	8,39		
Macroporos totais (Poros > 50 µ) (m ³ m ⁻³)			
Plantio convencional	0,3405	0,2411	0,2908 AB ⁽²⁾
Plantio direto	0,2240	0,1603	0,1921 B
Mata	0,3714	0,2838	0,3276 A
Média	0,3120 a ⁽¹⁾	0,2284 b	
CV (%)	13,87		
Macroporos entre 50 a 100 µ (m ³ m ⁻³)			
Plantio convencional	0,0582	0,0710	0,0646 A ⁽²⁾
Plantio direto	0,0577	0,0459	0,0518 A
Mata	0,0640	0,0549	0,0594 A
Média	0,0600 a ⁽¹⁾	0,0573 a	
CV (%)	16,42		
Macroporos > 100 µ (m ³ m ⁻³)			
Plantio convencional	0,2823	0,1701	0,2262 AB ⁽²⁾
Plantio direto	0,1663	0,1144	0,1403 B
Mata	0,3074	0,2289	0,2681 A
Média	0,2520 a ⁽¹⁾	0,1711 b	
CV (%)	18,60		

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si, no nível de 5%, pelo teste de Tukey, para comparação entre profundidades; ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si no nível de 5%, pelo teste de Tukey, para comparação entre manejos

Em relação aos macroporos compreendidos entre 50 a 100 µm, verifica-se que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre o manejo e profundidade. Porém, nos maiores do que 100 µm, pôde-se observar que o plantio convencional e a mata apresentaram os maiores valores, não diferindo estatisticamente entre si ($p < 0,05$), e o plantio direto apresentou os menores valores diferindo ($p < 0,05$) somente da mata. Na profundidade de 0 – 0,10 m ocorreu maior quantidade destes poros em relação

à camada de 0,10 – 0,20 m. Os macroporos maiores do que 100 µm representam 51% dos poros totais no plantio convencional, 35% no plantio direto e 59% na mata.

O menor valor de microporos foi obtido na mata, o qual difere estatisticamente ($p < 0,05$) do plantio direto e convencional, sendo que o maior valor foi obtido no plantio direto. Na profundidade de 0,10 – 0,20 m, obteve-se maior quantidade de microporos, que diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) da camada de 0 – 0,10 m (Tabela 2).

Os maiores valores de microporos e menores de macroporos no plantio direto proporcionaram a maior densidade do solo ($1,66 \text{ kg dm}^{-3}$). Desta forma, verificou-se relação existente entre densidade do solo e porosidade, em comum com Bertol e Santos (1995), que relataram que o volume de poros está correlacionado com a densidade do solo, afetando principalmente a macroporosidade quando esta aumenta. Da mesma forma, Kemper e Vieira (1979), que trabalharam com Latossolo Vermelho, constataram que a compactação do solo resultou em aumento de densidade do solo e em menor volume de macroporos, sendo que as possíveis causas deste comportamento foram a pulverização do solo pelos implementos agrícolas, as chuvas torrenciais e a diminuição da matéria orgânica.

Alguns autores, como Brady (1989) e Bertol e Santos (1995), relataram que o manejo influencia consideravelmente o espaço poroso, mostrando aumento na densidade com conseqüente diminuição da macroporosidade no plantio direto. Porém, os resultados obtidos neste trabalho sobre densidade do solo não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os sistemas de manejo e mata. Houve diferença estatística ($p < 0,05$) somente entre as profundidades, sendo que os maiores valores encontrados foram nas camadas de 0,10 a 0,20 m. O plantio direto proporcionou a maior densidade do solo ($1,66 \text{ kg.dm}^{-3}$), que não diferem estatisticamente ($p > 0,05$) das densidades obtidas no sistema de plantio convencional e na mata.

Edwards *et al.* (1992) estudaram as influências do preparo convencional e do plantio direto nas propriedades físicas de um solo e observaram diminuição na densidade do solo no plantio direto, resultado este que difere deste experimento e dos realizados por Brady (1989) e Bertol e Santos (1995). Os autores atribuíram ao resultado o elevado teor de matéria orgânica no solo, componente que atua de maneira imperativa nas propriedades físicas do solo. De acordo com Silva *et al.* (1986) e Ekwue e Stone (1997), os maiores teores de argila e matéria orgânica do solo diminuem a densidade do solo e a

compactação, pelo fato de a argila e a matéria orgânica influenciarem no poder de adsorção de água do solo. No presente trabalho, os teores de matéria orgânica são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teor médio de matéria orgânica, nos diferentes tratamentos

Manejo	Matéria Orgânica (g dm^{-3})	
Plantio convencional	6,80	b ⁽¹⁾
Plantio direto	9,50	a
Mata	10,87	a

CV (%) = 10,12

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, no nível de 5%, pelo teste de Tukey

Os maiores valores de densidade encontrados no sistema de plantio direto podem ser justificados pelo baixo teor de matéria orgânica encontrado em todos os tratamentos e pelo curto tempo adotado por este sistema, pois, de acordo com Voorhees e Lindstrom (1984), são necessários de três a quatro anos sob plantio direto para desenvolver porosidade mais favorável comparados a solos arados e discados continuamente. Ros *et al.* (1997) comentam que o uso do sistema de plantio direto, por vários anos, pode diminuir a densidade, devido ao acúmulo de resíduos culturais na superfície, favorecendo a reestruturação do solo. Kemper e Vieira (1979) relatam ser o baixo teor de matéria orgânica o responsável pelo aumento da densidade do solo e diminuição do volume dos macroporos.

Verificou-se uma tendência no aumento da densidade do solo ($1,81 \text{ kg.dm}^{-3}$) e microporosidade ($0,21 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$) no sistema de plantio direto. Os efeitos benéficos proporcionados pelo plantio direto, apresentado por Cardoso (1998) ainda não puderam ser constatados na área em estudo, provavelmente devido ao pouco tempo de utilização deste sistema.

Os resultados obtidos permitiram concluir que o sistema de plantio direto apresentou, na profundidade de 0,10 – 0,20 m, maiores valores de densidade e microporosidade do solo, quando comparados com o plantio convencional e mata. Estes resultados podem estar relacionados ao baixo teor de matéria orgânica encontrado e ao pouco tempo de adoção do sistema de plantio direto.

Referências

- BERTOL, I.; SANTOS, J. C. P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. *Pesqui. Agropecu. Bras*, Brasília, v. 30, p. 263–267, 1995.
- BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. *Compactação do solo e desenvolvimento de plântulas*. Piracicaba, 1997.

- CARDOSO, F. P. *Plantio direto na palha - PDP*. São Paulo: CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1998.
- CURY, B. *Guia para plantio direto*. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000.
- EDWARDS, J.H. *et al.* Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludulp soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 56, p. 1577–1582, 1992.
- EKWUE, E.J.; STONE, R.J. Organic matter effects on the strength properties of compacted agricultural soils. *Trans. Am. Sci. Agric. Eng.*, v. 38, p. 357-365, 1995.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Rio de Janeiro, 1997.
- EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- GAVANDE, S.A. *Física de solos: princípios e aplicaciones*. México: Limusa, 1976.
- HILL, R.L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 54, p. 161-166, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. *Enciclopédia de municípios brasileiros*. São Paulo, 1957.
- JORGE, J.A. *et al.* Condições físicas de um Latossolo Vermelho Escuro quatro anos após a aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 237–240, 1991.
- KEMPER, B.; VIEIRA, M. J. Características físicas de cinco solos do Paraná, e sua relação com a erodibilidade e possibilidades para o melhoramento das condições físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17, 1979, Manaus. *Anais...* Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.8–13.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- KIEHL, E.J. *et al.* *Caracterização e interpretação das propriedades do solo*. 2.ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1972.
- KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M.S. Estimativa do efeito do uso e da umidade do solo sobre a compactação adicional de três Latossolos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 773–782, 1999.
- LAFOND, J. *et al.* Compression characteristics of a day soil as influenced by crops and sample dates. *Soil. Tillage Res.*, Amsterdam, v. 22, p. 233–341, 1992.
- LAL, R., Importance of tillage systems in soil water management in the tropics. *Soil Tillage and Crop Production*, Ibadan, I.I.T.A., p.25-32, 1977.
- PAVAN, M.A. *et al.* Determinação de carbono: Walkley – Black. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*, 1992. p.25-26 (IAPAR, Circular técnica, 76).
- PIERCE, F.J. *et al.* Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 58, p. 1782–1787, 1994.
- ROS, C.O. *et al.* Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.
- SILVA, A.P. *et al.* Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 10, n. 2, p. 91-95, 1986.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: Instituto Agronômico do Paraná. *Plantio direto no Estado do Paraná*: Londrina, 1981, p. 19–32. (IAPAR, Circular 23).
- VOORHEES, W.B.; LINDSTROM, M.J. Long term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 48, p. 152-156, 1984.
- WAGGER, M.G.; DENTON, H.P. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physical properties in continuous no-till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 53, p. 1206–1210, 1989.

Received on August 09, 2001.

Accepted on September 05, 2001.