

ALTERAÇÕES NA DENSIDADE E NA MACROPOROSIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO CAUSADAS PELO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO¹

Pedro Marques da Silveira², José Geraldo da Silva², Luis Fernando Stone² e Francisco José Pfeilsticker Zimmermann²

ABSTRACT

SYSTEMS OF SOIL PREPARATION EFFECT ON DENSITY AND MACROPOROSITY OF SOIL

The study was conducted at the Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia-Goiás, Brazil, in a clayey dark red latosol, for four consecutive years (1992-1996). During this period eight soil preparation operations were conducted. The objective of the study was to evaluate the effect of systems of soil preparation on density and macroporosity of soil. The experiment was conducted in a completely randomized design with split plots. Soil preparation systems were: moldboard plough/harrow disc; moldboard plough; harrow disc and no-tillage. Soil was prepared by moldboard plough at 30 cm depth and by harrow disc at 15 cm depth. Soil density was determined by cylinder volume method and macroporosity by table tension method. Harrow disc reduced soil density in the upper layer (0-10 cm) and moldboard plough in the deeper layer (10-20, 20-30 cm). No-tillage increased soil density in the upper layer, whereas macroporosity reduced with increasing soil density.

KEY WORDS: Harrow disc, no-tillage, moldboard plough, physical characteristics of soil.

RESUMO

O trabalho foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia, GO, em latossolo vermelho-escuro textura argilosa, por quatro anos consecutivos (1992 a 1996), durante os quais efetuaram-se oito operações de preparo do solo. O objetivo foi estudar os efeitos de quatro sistemas de preparo sobre a densidade e a macroporosidade do solo. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas. Os sistemas de preparo foram: arado/grade; arado; grade e plantio direto. No preparo do solo, de acordo com o tratamento, foram utilizados arado de aiveca, operando até a profundidade de 30 cm, e grade aradora, operando até 15 cm. A densidade do solo foi determinada pelo método do cilindro volumétrico e a macroporosidade pela mesa de tensão. A grade aradora diminuiu a densidade do solo na camada superficial (0-10 cm), e o arado de aiveca, nas camadas mais profundas (10-20, 20-30 cm). O plantio direto aumentou a densidade do solo na camada superficial. A macroporosidade diminuiu com o aumento da densidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Grade aradora, arado de aiveca, plantio direto, características físicas do solo.

INTRODUÇÃO

O preparo do solo é um conjunto de operações realizadas para atender muitos objetivos, entre eles: propiciar condições satisfatórias para a operação de semeadura, germinação das sementes, emergência das plântulas, desenvolvimento e produção das plantas; eliminar as plantas daninhas, descompactar o solo e controlar a erosão (Silva 1992). Para Alvarenga *et al.* (1987), o objetivo principal do preparo do solo é alte-

rar algumas de suas propriedades físicas até certa profundidade, deixando-o em condições de receber a semente e de favorecer o crescimento inicial das plantas.

Na região dos cerrados usam-se para o preparo do solo os arados de disco e de aiveca, as grades aradoras e o sistema plantio direto. O arado de aiveca é pouco utilizado na região porque sua operação requer maior tempo e energia que os demais implementos, apesar dos resultados favoráveis já com-

1. Entregue para publicação em dezembro de 1999.

2. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

provados em muitos trabalhos de pesquisa. A grade aradora, mais usada, normalmente trabalha o solo em pouca profundidade (Silva 1992). A profundidade de corte depende do ângulo formado com a linha de tração, do peso do implemento e do diâmetro dos discos. O plantio direto é um sistema em que, com o uso de máquinas apropriadas, coloca-se a semente diretamente no solo não revolvido. No cerrado, o plantio direto tem sido bastante utilizado. Somente no ano agrícola 1995-1996, o sistema foi empregado em uma área de, aproximadamente, 1.400.000 hectares (Balbino *et al.* 1996).

Os diferentes sistemas de preparo do solo causam alterações nas propriedades físicas do solo, principalmente na densidade e macroporosidade. Hughes & Baker (1977) relataram que os efeitos do sistema de preparo sobre as propriedades físicas do solo variam, consideravelmente, com o conteúdo de água do solo no momento da operação, com o solo, com a quantidade de resíduos da cultura anterior e com o tipo de implemento empregado no sistema. Corroborando esta informação, Urchei (1996), em latossolo vermelho-escuro, na camada de 0-10 cm, constatou uma maior densidade do solo e uma porosidade total sob plantio direto, quando comparado ao preparo com arado de disco. Nas camadas mais profundas, as maiores densidades do solo ocorreram no preparo com arado de disco, devido à formação de "pé-de-arado".

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo, ao longo de quatro anos consecutivos de cultivo, sobre a densidade e a macroporosidade de um solo latossolo vermelho-escuro textura argilosa.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em um solo latossolo vermelho-escuro, na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, durante quatro anos consecutivos (de setembro de 1992 a setembro de 1996), durante os quais foram feitas oito operações de preparo do solo. O experimento básico consistiu de um fatorial 4 x 6, em delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas (Chacín Lugo 1997). As parcelas foram constituídas por quatro sistemas de preparo do solo, enquanto as subparcelas por seis sistemas de rotação de culturas. As culturas do arroz, soja e milho foram semeadas em novembro-dezembro e as de feijão e trigo, em maio-junho.

Os sistemas de preparo do solo foram: a) aração com arado de aiveca, realizada em novembro e de-

zembro, e com grade aradora, em maio e junho (arado/grade); b) aração com arado de aiveca, em ambos os períodos (arado); c) aração com grade aradora, em ambos os períodos (grade); e d) plantio direto. No preparo do solo, de acordo com o tratamento, foram utilizados arado de três aivecas comuns, operando na profundidade de aproximadamente 30 cm, e grade aradora de 20 discos de 66 cm de diâmetro, operando em 10 a 15 cm. A quantidade de palha remanescente no sistema plantio direto variou segundo as características e produtividades do material vegetal das diferentes culturas.

A análise granulométrica do solo, realizada em amostras coletadas antes do início do experimento, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade, apresentou valores médios semelhantes entre as profundidades de areia, silte e argila de, respectivamente, 41%, 19% e 40% (classe textural argila). Neste sentido, os valores da densidade do solo nas mesmas camadas foram de, respectivamente, 1,30, 1,39 e 1,38 g/cm³.

Para determinação da densidade (Ds) e da macroporosidade (Ma) do solo, amostras indeformadas foram coletadas em 1993, 1994, 1995 e 1996, após a colheita das culturas de inverno, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade, com três repetições por subparcela.

Para a obtenção das amostras, introduziram-se no solo cilindros de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura, para coincidir o meio do cilindro com a metade da profundidade previamente estabelecida. Com o auxílio de uma pá de corte, retirou-se o bloco de solo, que continha o cilindro cravado. As amostras contidas nos cilindros, após preparo (toalete), foram submetidas às determinações.

A macroporosidade foi determinada pelo método da Mesa de Tensão (Kiehl 1979), aplicando-se à amostra, previamente saturada de água, uma tensão correspondente a 60 cm de coluna de água. A diferença entre a massa da amostra saturada e aquela após a aplicação da tensão citada, dividida pelo volume do cilindro e multiplicada por 100, correspondeu ao valor percentual da macroporosidade do solo.

Para se determinar o valor da densidade, o solo foi retirado do cilindro e levado à estufa, à temperatura de 105-110°C, por 48 horas. A massa do solo seco, em gramas, dividido pelo volume do cilindro em cm³, correspondeu ao valor da densidade do solo, expresso em g.cm³.

Para a análise estatística foi adotado o esquema em parcelas subdivididas, com preparo de solo na

parcela, rotação de cultura na subparcela e profundidade de amostragem na sub-subparcela, conforme Gomes & Gomes (1984). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeito significativo dos sistemas de preparo e da profundidade sobre a densidade do solo, não se verificando efeito significativo da rotação de cultura e nem da interação preparo do solo-rotação. A densidade do solo (Ds), em função dos sistemas de preparo e das profundidades de amostragem (Tabela 1), corresponde à média das determinações feitas em 1993, 1994, 1995 e 1996. Na camada 0-10 cm, o menor valor de Ds, igual a 1,24 g.cm⁻³, foi encontrado no tratamento grade; o maior, 1,38 g.cm⁻³, no plantio direto. A grade aradora é um implemento que normalmente mobiliza o solo numa pequena profundidade, daí o menor valor de Ds nessa camada. O maior valor de Ds verificado no plantio direto se deve, provavelmente, à não-mobilização do solo, o que é característica desse sistema, e à compactação provocada pelo tráfego de máquinas e implementos. Sampaio (1987), ao estudar a influência de diferentes sistemas de preparo sobre as características físicas de um solo de textura argilosa, cultivado com milho e feijoeiro consorciados, verificou que o plantio direto apresentou o maior valor de densidade do solo. Também Siqueira (1989), em solo argiloso cultivado com feijoeiro, observou que o valor da Ds obtido no plantio direto foi estatisticamente superior ao verificado com arado de disco. Cabe salientar que no plantio direto os seguintes fatores favorecem a rápida mineralização do material orgânico: 1) o fato de a cultura ser semeada na resteva da cultura anterior; 2) as condições climáticas da região - verão quente e úmido e inverno com temperaturas médias acima de 20° C; 3) a prática da irrigação. Não houve cultura específica de cobertura, o que poderia contribuir para aumentar o conteúdo de matéria orgânica e, segundo Reeves (1995), reduzir a densidade do solo com o tempo.

Os valores médios de Ds nos tratamentos arado/grade e arado foram intermediários aos da grade aradora e do plantio direto.

Nas camadas 10-20 e 20-30 cm, no tratamento arado, foram encontrados os menores valores de Ds, iguais a, respectivamente, 1,34 e 1,37 g.cm⁻³, os quais diferiram dos demais. O arado de aiveca revol-

ve o solo até essas profundidades, justificando o valor de Ds observado. Menores valores de densidade com o uso de arado de aiveca também foram encontrados por Bhushan *et al.* (1973), em um solo de textura franco-arenosa, onde foram avaliadas diferentes práticas culturais de preparo sobre características físicas do solo.

Tabela 1. Valores médios de densidade do solo, nos diferentes sistemas de preparo e nas três camadas do solo.

Preparo do Solo	Camada do solo (cm)		
	0-10	10-20	20-30
	g.cm ⁻³		
Arado/grade	1,28 B b ¹	1,41 A a	1,42 AB a
Arado	1,30 B c	1,34 B b	1,37 C a
Grade	1,24 C b	1,43 A a	1,45 A a
Plantio direto	1,38 A b	1,43 A a	1,41 B a
C.V. (%)	4,87	4,18	4,35

1. Médias correspondentes às coletas de 1993, 1994, 1995 e 1996, seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (DMS=0,03), e pela mesma letra minúscula na linha (DMS=0,02), não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).

Os tratamentos arado/grade e grade foram estatisticamente iguais entre si nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Isto pode ser explicado pelo fato de que, como as coletas das amostras de solo foram feitas após a colheita das espécies cultivadas no inverno, nos meses de setembro e outubro, o equipamento usado no tratamento arado/grade foi a grade, conforme apresentado na metodologia do trabalho. A grade anulou o efeito do arado, anteriormente utilizado no plantio de verão.

Em todos os tratamentos, os menores valores de Ds ocorreram na camada de solo de 0-10 cm em relação às outras profundidades. O aumento da densidade do solo com o aumento da profundidade em latossolos pode ser decorrente de menores conteúdos de matéria orgânica das camadas mais profundas e da compactação causada pelo peso da parte superior do perfil de solo.

Um aspecto importante a ser salientado é a variabilidade espacial que pode ocorrer nos valores de Ds, em consequência da heterogeneidade do solo. Existe heterogeneidade nas propriedades físicas de um solo, mesmo dentro de uma área uniforme segundo

suas características visíveis de campo. Souza (1992), em estudo da variabilidade espacial do solo em diferentes sistemas de manejo, encontrou maior variabilidade nos valores de Ds da camada superior do solo, no tratamento usando grade aradora em relação ao plantio direto. Segundo ele, o preparo convencional, ao revolver o solo, além de introduzir heterogeneidade, deixa-o mais sujeito a deformações por ocasião do posterior tráfego de máquinas. Isto refletiria em uma maior variabilidade para a densidade do solo, enquanto o plantio direto, pelo seu estado de consolidação, resistiria mais a tais deformações e seria menos variável para esta característica do solo. Nas camadas de solo 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade, os valores do coeficiente de variação dos dados de Ds encontrados por Souza (1992) foram de, respectivamente, 7,9, 4,7 e 4,7 no tratamento grade e de 5,3, 4,3 e 4,0 no plantio direto. Devido à baixa variabilidade dos valores de Ds, o número mínimo de subamostras para estimar o valor da variável, para uma diferença em torno da média real de 5% para as camadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm, foi respectivamente, de 11, 4 e 4 para o tratamento grade e 5, 3 e 3 para o plantio direto.

De forma semelhante ao ocorrido com a Ds, constatou-se efeito dos tratamentos sobre a macroporosidade (Ma) do solo (Tabela 2). Na camada de 0-10 cm, o menor valor de Ma, igual a 10,08%, ocorreu no tratamento plantio direto, que foi significativamente diferente dos valores encontrados nos outros tratamentos. Isto era de se esperar porque nesse tratamento e nessa camada ocorreu o maior valor de Ds. A diminuição da macroporosidade e da porosidade total do solo, com o aumento da sua densidade, foi também encontrada por Prevedello & Prevedello (1984), ao estudarem as propriedades físicas de latossolos roxos distróficos, mobilizados durante muitos anos, em comparação com solos sob condição de mata. Também Bhushan *et al.* (1973) observaram interdependência entre densidade e porosidade do solo. Stone *et al.* (1994), ao estudarem as alterações nas características físico-hídricas e químicas de um latossolo preparado com arado de aiveca por sete cultivos sucessivos, constataram que a macroporosidade diminuiu e a densidade do solo aumentou em relação aos valores iniciais. A microporosidade, por sua vez, praticamente não foi alterada. Dessa maneira, a redução verificada na porosidade total se deveu à diminuição da macroporosidade.

Nas camadas 10-20 e 20-30 cm de profundidade, maiores valores de Ma foram obtidos no preparo de solo com arado de aiveca, coincidentemente em

camadas em que os valores de Ds foram menores. Os menores valores de Ma ocorreram no tratamento grade aradora, de 6,87% e 7,04%, respectivamente.

Em todos os tratamentos, os maiores valores de Ma ocorreram na camada de solo de 0-10 cm em relação às outras profundidades, mostrando mais uma vez a interdependência entre macroporosidade e densidade do solo.

Tabela 2. Valores médios de macroporosidade do solo, nos diferentes sistemas de preparo e nas três camadas do solo.

Preparo do solo	Camada do solo (cm)		
	0-10	10-20	20-30
	%		
Arado/grade	13,53 A a ¹	8,37 B b	8,49 AB b
Arado	13,63 A a	10,89 A b	9,17 A c
Grade	13,62 A a	6,87 C b	7,04 C c
Plantio direto	10,08 B a	8,17 B b	7,84 BC b
C.V. (%)	25,04	32,69	25,59

1. Médias correspondentes às coletas de 1993, 1994, 1995 e 1996, seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (DMS=1,12), e pela mesma letra minúscula na linha (DMS=1,02), não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).

CONCLUSÕES

O preparo com grade aradora diminuiu a densidade do solo na camada superficial (0-10 cm), mas aumentou-a nas camadas mais profundas (10-20, 20-30 cm). O preparo com arado de aiveca diminuiu a densidade do solo nas camadas mais profundas, pela atuação do implemento. O plantio direto aumentou a densidade do solo na camada superficial. Observou-se também que quando a densidade do solo aumentava, a macroporosidade diminuía e vice-versa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, R. C., J. C. Cruz & E. B. Pacheco. 1987. Preparo do solo. Informe Agropecuário, 13:40-43.
- Balbino, L. C., J. A. A. Moreira, J. G. Silva, E. F. Oliveira & I. P. Oliveira. 1996. Plantio direto. In: R. S. Araujo, C. A. Rava, L. F. Stone & M. J. O. Zimmermann (Ed.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Potafos. Piracicaba, SP. p. 301-352.
- Bhushan, L. S., S. B. Varade & C. P. Gupta. 1973.

- Influence of tillage practices on clod size, porosity and water retention. *Ind. J. Agric. Sci.*, 43:466-71.
- Chacín Lugo, F. B. 1997. Cursos avances recientes en el diseño y análisis de experimentos. Universidad Central de Venezuela. [S. l.]. 145p.
- Gomes, K. A., & A. A. Gomes. 1984. Statistical procediments agricultural research. J. Wiley. New York. 680p.
- Hughes, K. A. & C. J. Baker. 1977. The effects of tillage and zero-tillage systems on soil aggregates in a silt loam. *J. Agric. Eng. Res.*, 22:291-301.
- Kiehl, E. J. 1979. Manual de edafologia. Agronômica Ceres. São Paulo. 262p.
- Prevedello, C. L. & B. M. S. Prevedello. 1984. O efeito dos anos de cultivo sobre a massa específica e porosidade de um latossolo. *O Solo*, 76:57-60.
- Reeves, D. W. 1995. Soil management under no-tillage: soil physical aspect. In Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto, 1. Embrapa-CNPT, Passo Fundo, RS. p. 127-30.
- Sampaio, G. V. 1987. Efeito de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, MG. 121p.
- Silva, J. G. 1992. Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese de Doutorado. Unesp, Botucatu, SP. 180p.
- Siqueira, N. S. 1989. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, MG. 106p.
- Souza, L. S. 1992. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre, RS. 162p.
- Stone, L. F., P. M. Silveira & F. J. P. Zimmermann. 1994. Características físico-hídricas e químicas de um latossolo após adubação e cultivos sucessivos de arroz e feijão sob irrigação por aspersão. *Rev. Bras. Ciência Solo*, 18:533-39.
- Urchei, M. A. 1996. Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação. Tese de Doutorado. Unesp, Botucatu, SP. 150p.