

DENSIDADE APARENTE, POROSIDADE TOTAL E DISTRIBUIÇÃO DOS POROS DE UM LATOSSOLO ROXO COM DIFERENTES MÉTODOS DE PREPARO E MANEJO DOS RESTOS CULTURAIS DO MILHO^{1/}

Ramon Costa Alvarenga ^{2/}

Bairon Fernandes ^{3/}

Telmo Carvalho Alves da Silva ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

O preparo do solo e o manejo de restos culturais podem alterar propriedades do solo e, em consequência, afetar a produção agrícola (4, 5, 11).

A densidade aparente e o diâmetro dos poros são parâmetros que podem ser afetados pelo preparo e manejo do solo (6). As características do implemento utilizado no preparo poderão afetar os valores desses parâmetros, conforme resultados encontrados por BEALE e LANGDALE (1) e SALGADO (10), entre outros pesquisadores.

O tipo e intensidade do preparo do solo e as operações subseqüentes tendem a ocasionar um aumento no valor da densidade aparente, bem como uma redução no diâmetro dos poros, principalmente na camada que se localiza imediatamente abaixo da zona revolvida pelos implementos de preparo, como comprovado em vários trabalhos (6, 10, 13). Entretanto, dentro de certo nível, a redução do diâmetro dos poros por efeito do uso agrícola poderá ser fator favorável ao desenvolvimento vegetal, aumentando a retenção de água (2, 9).

Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar possíveis alterações nos valores de densidade, porosidade total e diâmetro dos poros de um Latossolo Roxo submetido, por oito anos, a diferentes métodos de preparo e de manejo da palhada do milho (*Zea mays* L.).

^{1/} Aceito para publicação em 8-7-1987.

^{2/} EMBRAPA/EPAMIG. Caixa Postal 295. 35700 Sete Lagoas, MG.

^{3/} Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas originaram-se de um experimento de manejo do solo em que se testava a eficiência dos arados de disco e aiveca no preparo do solo, realizado logo após a colheita e imediatamente antes do plantio, associados à queima, grade pesada, enxada rotativa e roçadeira, utilizadas como sistemas de manejo da palhada do milho. Esse experimento, iniciado em 1972, localizou-se em Capinópolis, MG, em Latossolo Roxo Eutrófico, argiloso, relevo suave ondulado. Os tratamentos estavam distribuídos no fatorial 2 x 4 x 2 (arado x manejo da palhada x época), em blocos casualizados, repetidos quatro vezes. Cada tratamento ocupava uma área de 25 m x 12 m. Os arados trabalharam a uma profundidade entre 20 e 25 cm, notando-se, como era previsto, uma inversão mais completa da leiva pelo arado de aiveca. Todos os tratamentos, na época de plantio, receberam uma gradagem com grade simples, feita após a aradura, e adubação básica com NPK, com controle de plantas daninhas.

No ano agrícola 1980/81, foram coletadas, na parte central de cada parcela e na época em que as plantas se encontravam no final do ciclo vegetativo, as amostras que foram objeto deste estudo. As amostras com estrutura natural foram coletadas dentro de anéis de PVC com 7,5 cm de diâmetro interno (6). Amostrou-se nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. Devido a limitações de trabalho, não se fez repetição por parcelas, procurando-se, entretanto, amostrar em local que se jucou representativo do todo. Nas amostras coletadas, procedeu-se à determinação dos diâmetros dos poros, das densidades, aparente e de partículas, e da porosidade total.

A densidade aparente foi determinada mediante a divisão do peso do material do solo, seco a 105°C, pelo volume do PVC no qual estava contido. O mesmo material foi utilizado na determinação da densidade das partículas, utilizando-se balão volumétrico de 50 ml e álcool absoluto como líquido penetrante (3). Conhecidas as densidades, foi calculada a porosidade total, empregando-se a equação:

$$P = (1 - Da/Dp) \times 100$$

na qual P é a porosidade total e Da e Dp são as densidades, aparente e das partículas, respectivamente.

Na determinação do diâmetro dos poros, optou-se pelo modelo capilar. A equação empregada foi

$$D = 2(2\gamma/d.h.g)$$

sendo D o diâmetro dos poros, em cm; γ , a tensão superficial da água, em dyne/cm; d, a densidade da água, em g/cm³; h, a altura da coluna de água, em cm; e g, a aceleração devida à gravidade, em dyne/g. As amostras com estrutura natural (dentro do PVC), após saturação lenta por capilaridade (mínimo de 24 horas), foram colocadas em funis de Büchner (12), e as determinações foram feitas com colunas de água de 20, 40, 60 e 100 cm, em operações sucessivas, para a determinação dos diâmetros de 0,15, 0,07, 0,05 e 0,03 mm, respectivamente.

Para a análise estatística dos resultados, adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos, tipos de arado, sistemas de manejo da palhada e épocas de manejo, combinados segundo um fatorial 2 x 4 x 2, foram dispostos nas parcelas, enquanto as profundidades constituíram as subparcelas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade aparente (Quadro 1) apresentou um aumento significativo ($P < 0,05$) na profundidade de 10 a 20 cm, quando comparada com as demais profundidades. É provável que esse aumento tenha sido causado pela ação específica dos implementos e pelo trânsito na área de maquinarias. O aumento do valor da den-

QUADRO 1 - Resultados médios de densidade aparente, porosidade total e classes de diâmetro de poros, considerando somente as profundidades

Profundidade	Densidade aparente	Porosi-	Percentagem		
			> 0,15	0,15	0,05
0 a 10	1,18 B	59,0 A	9,3 a	2,9 a	5,8 a
10 a 20	1,22 A	57,9 B	9,2 a	2,6 a	38,8 a
20 a 30	1,17 B	59,1 A	-	-	38,3 a
CV	5,8	3,2	24,3	21,6	16,4
					27,9
					3,9

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem ao nível de 5%, pelo teste de F.

sidade aparente nesse intervalo de profundidade tem sido comprovado em outros trabalhos (2, 6, 9). Em determinadas condições, um leve aumento da densidade aparente, com imediata redução no diâmetro dos poros, poderá ser benéfico para a relação água-solo-planta.

Com relação à porosidade total (Quadro 1), verificou-se que a camada de 10 a 20 cm diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) das demais, apresentando, coerentemente com a densidade aparente, o menor valor. A relação entre esses dois parâmetros resulta do fato de que a porosidade é calculada de acordo com a densidade.

Entre as classes de diâmetro de poros (Quadro 1), embora houvesse tendência de redução da percentagem de poros na profundidade de 10 a 20 cm, somente a de poros de 0,03 a 0,05 mm apresentou resultados estatisticamente diferentes ($P < 0,05$). Redução no tamanho médio dos poros de acordo com a profundidade foi observada por HEWITT e DEXTER (8), entre outros pesquisadores.

A utilização dos arados de disco e aiveca no preparo do solo resultou em alterações diferenciais nos valores de densidade aparente e porosidade total, conforme a profundidade considerada (Quadro 2). Quando o arado de aiveca foi utilizado, o valor da densidade aparente foi estatisticamente menor ($P < 0,05$) na profundidade de 20 a 30 cm que nas demais. Entretanto, para o arado de disco, o menor valor de densidade foi observado na profundidade de 0 a 10 cm. A comparação entre os arados só foi estatisticamente significativa para a profundidade de 20 a 30 cm.

É provável que as diferenças nos valores de densidade aparente entre os arados sejam causadas pelas características de cada um deles na inversão da leiva. O arado de aiveca, fazendo melhor inversão, enterrou os resíduos em maiores profundidades, concorrendo para melhor distribuição da matéria orgânica (10) e, consequentemente, decréscimo da densidade aparente. Por outro lado, o arado de disco, por deixar os resíduos mais na superfície, favoreceu a redução da densidade aparente entre 0 e 10 cm. VOORHESS *et alii* (13) verificaram que o arado de aiveca, dentre os implementos testados, foi o mais eficiente para diminuir a compactação na profundidade de 15 a 30 cm. BEALE e LANGDALE (1) e SALGADO (10) observaram um efeito da qualidade de inversão da camada superficial do solo, realizada com diferentes implementos, sobre os valores da densidade aparente. REEVE *et alii* (9) concluíram que menores valores de densidade aparente estavam associados com maiores teores de matéria orgânica.

As condições estruturais, avaliadas através dos valores de densidade aparente e porosidade total, parecem apresentar, na profundidade de 0-20 cm, independentemente do tipo de arado, embora com leve tendência para o arado de disco, aspectos mais favoráveis ao desenvolvimento de culturas de sistema radicular mais superficial. Entretanto, de 20 a 30 cm, as condições tendem a ser favorecidas pelo arado de aiveca. Para as regiões em que o déficit hídrico é acentuado, o arado de aiveca parece ser o mais recomendável, pois, reduzindo a densidade e aumentando a porosidade em maiores profundidades, favorecerá o desenvolvimento das raízes, levando ao melhor aproveitamento da água e de nutrientes.

É importante ressaltar que esse efeito do arado de aiveca em maiores profundidades melhora as condições de permeabilidade do solo, reduzindo, consequentemente, os riscos de erosão superficial, por ocasião de períodos intensivos de chuvas. Na profundidade de 10 a 20 cm, a classe de poros $> 0,15$ mm mostrou resultado estatisticamente diferente ($P < 0,05$), quando se considerou a associação entre épocas de manejo da palhada e profundidades, tendo o manejo realizado antes do plantio ocasionado maior quantidade desses poros (Quadro 3). Esse fato pode estar relacionado com a maior manipulação mecânica do solo durante o manejo da palhada logo após a colheita, o que acarretou redução no diâmetro dos agregados e, consequentemente, no diâmetro dos poros. Reforçando essa idéia de maior pulverização do solo com o manejo da palhada imediatamente após a colheita, verificou-se que a classe de poros $< 0,03$ mm apresentou valor estatisticamente maior ($P < 0,05$) neste tratamento (Quadro 4). Resultado semelhante foi encontrado por GROHMANN e ARRUDA (7) em Latossolo Roxo.

QUADRO 2 - Resultados médios de densidade aparente (Da) e de porosidade total (Pt), considerando os arados, associados às profundidades

Arados	0 - 10 cm			10 - 20 cm			20 - 30 cm		
	Da	Pt	Da	Pt	Da	Pt	Da	Pt	
	— g/cm ³ — — % — — g/cm ³ — — % — — g/cm ³ — — % —								
Aiveca	1,20 Aa	58,8 Aa	1,22 Aa	57,4 Ba	1,15 Bb	59,8 Aa			
Disco	1,17 Ba	59,3 Aa	1,21 Aa	58,3 Aa	1,20 Aa	58,5 Ab			

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem ao nível de 5%, pelo teste de Tukey

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem ao nível de 5%, pelo teste de F.

QUADRO 3 - Resultados médios de poros com diâmetros $> 0,15$ mm, considerando as épocas de manejo da palhada, associadas às profundidades

Profundidade	Época de manejo da palhada	
	Após a colheita	Antes do plantio
cm		%
0 - 10	9,41 Aa	9,15 Aa
10 - 20	8,37 Ba	9,90 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, e letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de F.

QUADRO 4 - Resultados médios de poros com diâmetro $< 0,03$ mm, considerando as épocas de manejo da palhada, associadas às profundidades

Profundidade	Época de manejo da palhada	
	Após a colheita	Antes do plantio
cm		%
0 a 10	38,17 Ab	38,15 Aa
10 a 20	38,96 Aa	37,83 Ba
\bar{x} Época	38,57 A	37,99 B

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, e letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de F.

O tipo de arado utilizado no preparo do solo alterou, estatisticamente ($P < 0,05$), somente a classe de poros com diâmetros entre 0,07 e 0,15 mm (Quadro 5). Para essa classe, o uso do arado de disco propiciou maior quantidade desses poros. Esse resultado confirma o efeito da profundidade de incorporação dos resíduos sobre o diâmetro dos agregados e, consequentemente, sobre a porosidade.

Os poros $< 0,03$ mm sofreram alterações ($P < 0,05$) quando se associou o arado aos sistemas de manejo da palhada (Quadro 6). Entretanto, só houve diferença significativa com a associação do arado de aiveca com a enxada rotativa, verificando-se então maior quantidade desses poros. Embora, sobre as outras combinações, não se tenha verificado efeito significativo, observou-se, com a queima e grada de pesada, tendência de menor quantidade de poros $< 0,03$ mm com o uso do arado de aiveca do que com o arado de disco, invertendo-se essa tendência quando a associação foi feita com a roçadeira.

QUADRO 5 - Resultados médios das classes de diâmetro de poros, considerando o tipo de arado empregado no preparo do solo

Arados	Classes de diâmetro (mm)				
	0,15	0,07	0,05	<0,03	
>0,15	a	a	a		
0,07		0,05	0,03		
			%		
Aiveca	9,3 a	2,5 b	2,7 a	5,4 a	38,3 a
Disco	9,1 a	3,0 a	2,9 a	5,6 a	38,2 a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de F.

QUADRO 6 - Resultados médios dos poros < 0,03 mm, considerando o tipo de arado, associado aos sistemas de manejo da palhada do milho

Arado	Manejo da palhada			
	Enxada rotativa	Queimada	Grade pesada	Roçadeira
			%	
Aiveca	39,1 a	38,0 a	38,0 a	38,1 a
Disco	37,5 b	38,7 a	38,8 a	37,8 a

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de F.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com este trabalho, realizado no ano agrícola de 1980/1981, a partir da amostragem de um experimento de manejo de solo que vinha sendo conduzido desde 1972, na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET), procurou-se avaliar os efeitos, na densidade aparente, na porosidade total e no diâmetro dos poros de um Latossolo Roxo Eutrófico, do uso do arado de disco e de aiveca no preparo do solo, associados às práticas de manejo da palhada do milho (enxada rotativa, queima, grade pesada e roçadeira), executadas logo após a colheita e imediatamente antes das operações de preparo do solo para o plantio.

O manejo do solo e dos restos da cultura possibilitou o desenvolvimento de uma camada ligeiramente compactada na profundidade de 10 a 20 cm, caracterizada por maiores valores de densidade aparente e menores valores de porosidade

total, independentemente do tratamento.

A eficiência dos arados em incorporar a palhada ocasionou variações nos parâmetros estudados. A utilização do arado de disco ocasionou menores valores de densidade aparente e maiores valores de porosidade total, até 20 cm de profundidade. Já na profundidade de 20 a 30 cm o arado de aiveca foi mais eficiente em manter os valores da densidade aparente e da porosidade total em níveis mais interessantes.

O trabalho do solo em duas épocas diferentes causou um aumento na microporosidade, notadamente na profundidade de 10 a 20 cm. O uso da enxada rotativa, associada ao arado de aiveca, favoreceu o aumento da microporosidade.

5. SUMMARY

(BULK DENSITY, SOIL POROSITY AND DIAMETER OF PORES OF A LATOSOL ROXO (EUTRUSTOX) UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS)

The object of this study was to evaluate variations in soil bulk density, total porosity, and diameter of pores in Latosol Roxo (Eutrustox) subjected to disk plowing and moldboard plowing. Post-harvest corn residue was handled with a rotary tiller, heavy disk-harrow, rotary cutter or burned. These operations were performed either right after harvesting or immediately before soil preparation for the next crop. Incorporation of the residue through efficient plowing caused variation in the parameters studied. Bulk density and total porosity were improved within the first 20 cm of the profile when disk-plowing was used, but moldboard plowing showed better results for the 20 to 30 cm depth. Managing corn residue right after harvesting contributed to an increase in soil microporosity, regardless of the type of management. The same effect in microporosity was detected when a rotary cutter was used, in association with moldboard plowing, independently of the time of residue management.

6. LITERATURA CITADA

1. BEALE, O.W. & LANGDALE, G.W. Tillage and residue management practices for soybean production in a soybean-small grain rotation. *Agron. J.*, 59(1):31-33. 1967.
2. CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis das séries Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intenso. *Científica*, 2 (2):149-161. 1974.
3. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de Métodos de Análise do Solo*. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1979. s.n.p.
4. FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D. & MANNERING, J. V. Influência de sistemas de manejo do solo no fluxo gasoso. *R. Ceres*, 30(168): 81-92. 1983.
5. FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D. & MANNERING, J. V. Condutividade hidráulica do solo saturado, em três sistemas de manejo. *R. Ceres*, 30(169):232-241. 1983.
6. FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D. & MANNERING, J.V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade de total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). *R. Bras. Ci. Solo*, 7:329-333. 1983.

7. GROHMANN, F. & ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da Terra-Roxa Legítima. *Bragantia*, 20(49):1203-1209. 1961.
8. HEWITT, J.S. & DEXTER, A.R. Effects of tillage and stable management on the structure of as swelling soil. *Soil Sci. J.*, 31(2):203-215. 1980.
9. REEVE, M.J.; SMITH, P.D. & THOMASSON, A.J. The effect of density on water retention properties of field soils. *Soil Sci J.*, 24(3):355-367. 1973.
10. SALGADO, J.S. *Efeito dos sistemas de aradura e de manejo da palhada do milho em propriedades físicas e químicas do solo e em características das plantas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 61 p. (Tese M.S.).
11. SALGADO, J.S.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A. & RESENDE, M. Efeitos de sistemas e épocas de manejo de resíduo da cultura do milho sobre características físicas e químicas de um Latossolo Roxo. *R. Ceres*, 31(173):1-8. 1984.
12. VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. (ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, American Society Agronomy, Part 1. 1965. p. 299-314.
13. VOORHEES, W.B.; SENST, C.G. & NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern Corn Belt. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 42(2):344-349. 1978.