

# COMPORTAMENTO FÍSICO-HÍDRICO DE UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CÂMBICO FASE TERRAÇO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO<sup>1</sup>

EDUARDO JORGE MAKLOUF CARVALHO<sup>2</sup>, MATOZINHO DE SOUZA FIGUEIREDO e LIOVANDO MARCIANO DA COSTA<sup>3</sup>

**RESUMO** - O estudo foi desenvolvido no município de Viçosa, MG, na fazenda Fundão, pertencente ao câmpus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com o fim de verificar o comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço, sob diferentes sistemas de manejo. Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 1 - arado de aiveca; 2 - arado de discos; 3 - grade pesada; 4 - plantio direto; 5 - testemunha, com as parcelas mantidas em pousio. Os parâmetros avaliados foram: teores de matéria orgânica; granulometria; densidade do solo; densidade de partículas; porosidade total, macroporosidade, microporosidade, agregados e curva de retenção da água no solo. Pode-se concluir que: o uso da grade pesada reduz os teores de matéria orgânica na camada de 0-15 cm; a utilização da grade pesada acarreta adensamento da camada superficial; o revolvimento do solo ocasiona maior macroporosidade; o sistema plantio direto proporciona menor desagregação do solo; o sistema plantio direto garante maior retenção de água.

Termos para indexação: física do solo, matéria orgânica, sistema de manejo, mecanização, plantio direto.

## PHYSICO-HYDRIC BEHAVIOR OF A RED YELLOW CAMBIC PODZOLIC SOIL TERRACE PHASE UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

**ABSTRACT** - The study was carried out in the county of Viçosa, MG, Brazil, in the campus of Universidade Federal de Viçosa (UFV). The objective was to study the physico-hydric behavior of a Red Yellow Cambic Podzolic soil terrace phase under different management systems. The experimental design was a completely randomized block design, with five treatments and four replications. Treatments were: 1- moldboard plow; 2- disk plow; 3- heavy disk harrow; 4- no tillage; 5- control (fallow). Organic matter, texture, bulk density, particle density, total porosity, macro-porosity and micro-porosity, agregates and soil moisture tension curves were measured. Results indicate that: soil organic matter is slightly greater in no-tillage and control plots, and reduces in heavy disk plots in the surface 15 cm of the profile; cultivation with heavy machinery increases soil bulk density only slightly in the surface 15 cm of the soil profile; soil tillage increases macroporosity; no-till and control plots show greater aggregate stability; no-tillage plots have greater water holding capacity.

Index terms: soil physics, organic matter, management systems, mechanization, no-tillage.

## INTRODUÇÃO

As características físicas de um solo são modificadas de acordo com o tipo de uso e cultivo a que

ele é submetido. Algumas mudanças ocorrem num período curto de tempo ou mesmo em uma simples prática de preparo; outras, apenas com um manejo contínuo serão visíveis ou mensuráveis (Vieira, 1981).

A densidade do solo é uma propriedade relativamente instável: varia de solo para solo e dentro de um mesmo solo, dependendo principalmente do grau de compactação, do teor de matéria orgânica da ausência ou presença de cobertura vegetal, do sistema

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 6 de novembro de 1997.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental (CPAA), Caixa Postal 48, CEP 66095-100 Belém, PA.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEP 36570-000 Viçosa, MG.

de cultivo empregado, e da profundidade (Gavande, 1976; Kiehl, 1979; Brady, 1989).

Existe estreita relação entre a densidade do solo e outros atributos, como: porosidade total, macroporosidade e teor de matéria orgânica. 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 das partículas, distribuição dos poros por tamanho, teor de matéria orgânica e grau de agregação. Segundo Grohman (1972), dentre as propriedades físicas do solo sujeitas às alterações pelo cultivo, a porosidade total, por estar relacionada com o volume e com a distribuição dos espaços porosos, merece especial atenção, visto que nesses espaços se processam os principais fenômenos que regulam o crescimento e a produção vegetal. Para Baver (1956), a variação da porosidade total depende do tamanho das partículas e do grau de agregação, e a matéria orgânica tem papel importante, uma vez que favorece a formação de agregados, com conseqüente aumento na porosidade total.

O cultivo intensivo e a freqüente exposição do solo à ação direta das gotas de chuva promovem rápida degeneração das propriedades físicas da camada superficial e acarretam reflexos ao desenvolvimento das culturas. Os freqüentes ciclos de umedecimento e secagem reorganizam, segundo Rezende (1982), as partículas do solo, e disto resulta a formação de uma camada superficial endurecida, que parece ser causadora, dentre outros problemas, da redução do estande da cultura, o que irá acarretar menor produtividade.

O solo é um reservatório de água para as plantas, e todas as práticas de manejo de água, em agricultura, visam à manutenção de seu nível de água em condições ideais para o desenvolvimento das culturas. Apesar de ser um reservatório aberto para a atmosfera e para os horizontes mais profundos do perfil, retém umidade pela interação com a matriz do solo (Reichardt, 1988).

Segundo Cassel & Nielsen (1986), a capacidade de retenção de água pelo solo está diretamente relacionada à sua matriz e à distribuição espacial dos poros. Esta interação sofre também influência de fatores como: taxas de evaporação e transpiração

local, tipo de cultura estabelecida, densidade de plantio, profundidade de raízes, natureza do perfil do solo em profundidade, e impedimentos à drenagem.

Costa (1979) reporta que a influência da textura do solo é muito grande na retenção de água. Entretanto, solos da mesma classe de textura podem ter curvas de tensão de umidade diferentes, não só devido às diferenças de granulometria nas mesmas classes de textura, mas também, como resultado de diferenças de teor em matéria orgânica, tipo de argila, etc., e as diferenças de microestrutura a elas relacionadas. Brady (1989) complementa, comentando que os solos de textura mais fina retêm maior porcentagem de água, ao longo de toda a faixa de energia. Tal condição é prevista pelo fato de possuírem maior porcentagem de material coloidal, maior espaço poroso e superfície adsorptiva muito maior que os solos de textura mais grossa. Sanchez (1981) também mostra a importância da textura na retenção de água, ao comparar curvas de retenção de umidade nas diferentes classes texturais.

De acordo com Dourado Neto et al. (1990), o conhecimento da relação funcional entre umidade do solo e seu potencial matricial na zona radicular das culturas, conhecida pelo nome de curva de retenção da água, é fundamental na irrigação, visando um aproveitamento mais racional da água.

Diversos trabalhos têm procurado ajustar a curva de retenção da água no solo. Atualmente, tem-se utilizado o modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980), o qual considera o potencial matricial como variável independente, e a umidade volumétrica à base de volume ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), como variável dependente. Este modelo é representado pela equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha |\psi_{\text{mat}}|)^n\right]^m} \quad (1)$$

onde:

$\theta$  = umidade do solo ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  
 $\theta_r$  = umidade volumétrica residual ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  
 $\theta_s$  = umidade volumétrica saturada ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  
 $\psi_{\text{mat}}$  = potencial matricial (kPa);  
 $\alpha$ ,  $m$  e  $n$  = parâmetros empíricos da equação.

O resíduo vegetal deixado na superfície e o não-revolvimento no sistema de plantio direto (PD) provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Entretanto, ao se estudar os resultados relacionados com os sistemas de manejo do solo observa-se uma diversidade de respostas a um mesmo sistema, por causa de características do solo, da planta, do clima etc.

Com relação à matéria orgânica, diversos trabalhos comprovam uma elevação de seus teores na camada superficial (Shear & Moschler, 1969; Triplett Junior & Doren Junior, 1969; Santos et al., 1995). Entretanto, Muzilli (1983), com relação a condições tropicais, trabalhando com rotação de cultura em Latossolo Roxo distrófico após cinco anos de cultivo, relata que não houve diferenças entre o PD e o sistema convencional.

Ao estudar o efeito do PD sobre parâmetros físicos, Vieira (1981) chegou a conclusão de que o solo sob PD apresentava a camada superficial mais adensada, caracterizada por uma porosidade total menor. Hill (1990), em trabalho com onze anos de duração, e em três locais, encontrou que no sistema convencional, a densidade do solo foi menor que no sistema PD, nas camadas de 6,7-17,2 cm. Bruce et al. (1990), trabalhando com soja, sorgo e trigo em três sistemas de manejo de solo, encontraram que a densidade do solo e a porosidade total foram significativamente menores e maiores, respectivamente, no manejo convencional, se comparado ao cultivo mínimo e ao PD. Entretanto, trabalhos como os realizados por Bezerra (1978), Moura (1981) e Albuquerque et al. (1995), mostram que não ocorreu aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade total no sistema PD, se comparados ao sistema convencional.

A utilização constante dos solos de terraço fluviais do Planalto de Viçosa, MG, com sistemas de manejo muitas vezes inadequado às condições locais, tem mostrado reflexos claros de redução da produtividade das culturas, sendo, pois, importante estabelecer um sistema de uso adequado aos mesmos.

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento físico-hídrico de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço, sob diferentes sistemas de manejo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no município de Viçosa, MG, na fazenda Fundão pertencente ao câmpus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em solo Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico, fase terraço, utilizando-se a soja (*Glycine max* L. Merrill) como planta-teste. O delineamento experimental usado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Para o teste de médias foi utilizado o teste de Duncan, a 10% de probabilidade. Os tratamentos foram: 1- arado de aiveca reversível, com uma aração; 2- arado de discos reversível, com uma aração; 3- grade pesada, com uma gradagem; 4- plantio direto, com sulcamento do solo e plantio com máquina manual; 5- testemunha, com as parcelas mantidas em pousio, com roçagens manuais periódicas da vegetação espontânea. Foi efetuada uma gradagem para destorroamento e uniformização do terreno, exceto para os sistemas plantio direto e testemunha. O experimento foi conduzido por um período de quatro anos, e as avaliações físico-hídricas foram efetuadas somente ao final do experimento.

A área experimental foi de 6.384 m<sup>2</sup>; cada parcela apresentou dimensões de 20 m x 12 m, com bordadura isoespecífica de 2 m, apresentando, deste modo, uma área útil de 128 m<sup>2</sup>. A amostragem de material de solo com vistas às determinações físicas foi efetuada em três locais da área útil das parcelas, nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm, visando às variáveis densidade do solo, densidade das partículas e granulometria. Para análise de agregados e determinação da curva de retenção de umidade, foram utilizadas amostras das duas camadas superficiais. Foi determinado, também, o teor de matéria orgânica do solo, em todas as profundidades amostradas. As determinações seguiram método descrito no Manual de Métodos de Análise de Solos (Embrapa, 1979).

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta, e a densidade de partículas (Dp), pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico, como líquido penetrante, para medir o volume do solo. A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do torrão parafinado. A porosidade total (Pt) foi calculada pela equação  $Pt = (1 - Ds/Dp)$ . A microporosidade foi obtida mediante a curva de retenção de água no solo, na tensão equivalente a 6 kPa. A macroporosidade resultou da diferença entre porosidade total e microporosidade. A retenção de água nas tensões de 10, 33, 100, 500, 1.000 e 1.500 kPa foi determinada com amostras deformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa, mediante a aplicação das referidas tensões, em equipamento apropriado conhecido como "panela de pressão". Com

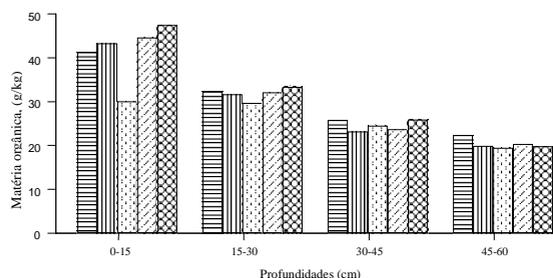
esses pontos ( $\theta$ ,  $\psi_m$ ) determinados, procedeu-se ao ajuste das curvas de retenção de água, de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980). Esse ajuste foi efetuado pelo método que considera:  $\theta_s = \theta_{max}$ , com  $\psi_m = 0$  e,  $\theta_r = \theta_{min}$ , com  $\psi_m = -1.500$  kPa. Com essas curvas, calculou-se a distribuição do tamanho dos poros do seguinte modo: a) poros  $\geq 50 \mu m$  - pela diferença entre o valor da porosidade total e da umidade volumétrica obtida na pressão de 6 kPa; b) poros entre  $50 \mu m$  e  $30 \mu m$  - diferença de umidades volumétricas entre 6 e 10 kPa; c) poros entre  $30 \mu m$  e  $10 \mu m$  - diferença de umidades volumétricas entre 10 e 30 kPa; d) poros entre  $10 \mu m$  e  $3 \mu m$  - diferença de umidades volumétricas entre 30 e 100 kPa; e) poros entre  $3 \mu m$  e  $0,2 \mu m$  - diferença de umidades volumétricas entre 100 e 1.500 kPa; f) poros  $\leq 0,2$  - valor da umidade volumétrica na pressão de 1.500 kPa.

O carbono orgânico foi determinado pelo método que utiliza o dicromato de potássio, ácido sulfúrico concentrado e solução fosfórica a 5%, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal. Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O (\%) = \% \text{ de } C_{org} \cdot 1,724. \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1 apresenta os valores médios de matéria orgânica referentes aos diferentes tratamentos, nas profundidades estudadas. A análise desses resulta-



**FIG. 1. Valores médios de matéria orgânica, nos sistemas de preparo do solo, nas profundidades estudadas (■ arado de aiveca; ▨ arado de disco; ▤ grade pesada; ▩ plantio direto; ▪ testemunha).**

dos mostra uma diminuição dos teores desta variável, em profundidade. Este comportamento é bem mais evidente da camada superficial para a subseqüente, estando relacionado à deposição superficial de resíduos animais e vegetais que a matéria orgânica representa (Brady, 1989), bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais (Sanchez, 1981), resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície. Quando se comparam os tratamentos, observa-se que, no tocante à camada superficial, apesar das pequenas diferenças, os sistemas plantio direto e testemunha apresentaram os maiores teores de matéria orgânica, ao passo que o manejo com a grade pesada acarretou uma redução substancial em relação aos demais sistemas, decorrente, talvez, de um possível maior impacto do implemento nesta profundidade.

A Tabela 1 apresenta os dados da análise granulométrica nos sistemas de manejo estudados, em diferentes profundidades. Verificou-se, ao analisar os resultados, que este solo apresenta baixos

**TABELA 1. Valores médios de granulometria referentes aos diferentes sistemas de manejo, nas profundidades estudadas.**

Tratamento	Prof. (cm)	Granulometria		
		Areia	Silte	Argila
		----- (g.kg <sup>-1</sup> ) -----		
Arado de aiveca	0-15	110	210	680
Arado de discos	0-15	120	200	680
Grade pesada	0-15	140	170	690
Plantio direto	0-15	100	190	710
Testemunha	0-15	80	210	710
Arado de aiveca	15-30	90	190	720
Arado de discos	15-30	100	190	710
Grade pesada	15-30	90	190	720
Plantio direto	15-30	70	180	750
Testemunha	15-30	60	210	730
Arado de aiveca	30-45	80	140	780
Arado de discos	30-45	80	130	790
Grade pesada	30-45	70	130	800
Plantio direto	30-45	60	130	810
Testemunha	30-45	40	150	810
Arado de aiveca	45-60	70	140	690
Arado de discos	45-60	70	150	780
Grade pesada	45-60	50	180	770
Plantio direto	45-60	50	150	800
Testemunha	45-60	30	170	800

teores de areia e elevados teores de argila, com clara tendência, em todos os tratamentos, de diminuição e aumento dos teores de areia e argila, respectivamente, com o aumento da profundidade de amostragem. Estes maiores teores de areia no horizonte superficial podem ser atribuídos principalmente à translocação de argila do horizonte A e sua acumulação no horizonte B. Quanto aos teores elevados de argila no solo, pode-se inferir que se devem à fase final da formação do terraço, que ocorre em ambiente de sedimentação em águas calmas (Correa, 1984).

Os valores médios de densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, são apresentados na Tabela 2. A aplicação do teste F a 10% de probabilidade, só apontou diferenças significativas no que respeita à variável porosidade total, na profundidade de 0-15 cm.

No que se refere à densidade de partículas (Tabela 2), ocorreu um aumento nos valores desse parâmetro em profundidade, devido, provavelmente,

te, à diminuição dos teores de matéria orgânica, no mesmo sentido. Deve-se considerar, também, o aumento dos percentuais de argila em profundidade.

A análise dos resultados de densidade do solo (Tabela 2) mostra uma clara tendência de redução dos valores dessa variável com o aumento da profundidade de amostragem, em todos os tratamentos, apesar da diminuição dos teores de matéria orgânica. Segundo Rezende (1982), a expansão e a contração de todo material mais ou menos rico em argila, quando exposto a ciclos de umedecimento e secagem, acarretam o empacotamento das partículas, processo este responsável pela formação de estrutura prismática. Deste modo, os valores de densidade do solo, maiores nos horizontes superficiais, principalmente no Ap, corroboram a validade deste modelo. Acresce-se a isto o fato de este solo ter sido intensamente trabalhado; isto tendeu a dispersar e reorganizar partículas; é o que parece ter contribuído para o aumento do teor de argila dispersa em água, favorecendo o empacotamento e o conseqüente au-

**TABELA 2. Valores médios de densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, em diferentes profundidades, com relação aos sistemas de manejo estudados.**

Tratamento	Prof. (cm)	Densidade		Porosidade		
		Solo ----- (kg.dm <sup>3</sup> ) -----	Partículas	Total	Macro (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	Micro
Arado de aiveca	0-15	1,33	2,74	0,514b	0,019	0,495
Arado de discos	0-15	1,30	2,77	0,529a	0,020	0,509
Grade pesada	0-15	1,36	2,76	0,506b	0,018	0,488
Plantio direto	0-15	1,31	2,75	0,522ab	0,007	0,515
Testemunha	0-15	1,32	2,73	0,517ab	0,004	0,513
Arado de aiveca	15-30	1,30	2,80	0,534	0,029	0,505
Arado de discos	15-30	1,25	2,85	0,570	0,014	0,556
Grade pesada	15-30	1,27	2,84	0,550	0,013	0,537
Plantio direto	15-30	1,29	2,81	0,539	0,003	0,536
Testemunha	15-30	1,28	2,81	0,543	0,003	0,540
Arado de aiveca	30-45	1,17	2,87	0,591	-	-
Arado de discos	30-45	1,18	2,89	0,591	-	-
Grade pesada	30-45	1,20	2,88	0,583	-	-
Plantio direto	30-45	1,20	2,86	0,580	-	-
Testemunha	30-45	1,16	2,89	0,599	-	-
Arado de aiveca	45-60	1,14	2,90	0,605	-	-
Arado de discos	45-60	1,17	2,90	0,596	-	-
Grade pesada	45-60	1,14	2,90	0,607	-	-
Plantio direto	45-60	1,16	2,89	0,598	-	-
Testemunha	45-60	1,07	2,91	0,630	-	-

mento da densidade do solo. Outro aspecto que pode ser mencionado é a diminuição dos valores de densidade do solo com a diminuição dos teores de areia.

Ainda com relação à densidade do solo, apesar de não ocorrerem diferenças significativas entre os tratamentos, existe uma tendência de aumento dos valores desta variável, na camada de 0-15 cm, no sistema grade pesada, e isto pode estar ligado ao maior impacto deste implemento.

A análise dos resultados médios de porosidade total (Tabela 2) mostra que houve diferenças significativas entre os sistemas de manejo somente na camada superficial, onde o emprego da grade pesada proporcionou tendência de diminuição no número de poros. Esses resultados dão consistência aos valores obtidos de densidade do solo, pois sabe-se que a densidade varia de modo inverso à porosidade total. Observa-se, também, que o espaço poroso do solo aumentou em profundidade. Em uma análise conjunta desses dois parâmetros, observa-se que não ocorreu adensamento no sistema plantio direto, como citado pela maioria dos autores.

No que se refere à macroporosidade e microporosidade (Tabelas 2), observa-se que o espaço poroso deste solo é composto quase que exclusivamente por microporos, independentemente do tratamento utilizado. Entretanto, observa-se que os manejos onde ocorreu revolvimento do solo contribuíram para um aumento nos macroporos; a distribuição dos diâmetros dos poros, apresentada na Tabela 3, constata tal fato e o comportamento diferenciado na distribuição dos poros entre os tratamentos com e sem revolvimento do solo.

Os valores médios das percentagens de agregados estáveis em água, nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm, são apresentados na Tabela 4. O teste F mostrou diferença significativa a 10% de probabilidade, em todas as classes de diâmetro, nas duas profundidades estudadas.

Quanto à classe de diâmetro de 9-2 mm, nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm, o tratamento-testemunha, que esteve em pousio durante todo período experimental, foi estatisticamente superior aos demais, dado o maior teor de matéria orgânica por ele apresentado.

Convém salientar que os tratamentos com maiores teores de matéria orgânica tenderam, geral-

mente, a contribuir para maior diâmetro dos agregados, com exceção do sistema grade pesada na profundidade de 0-15 cm, em razão de o implemento ter tido, provavelmente, maior efeito desagregante nesta profundidade. Observa-se, também, que para a classe de diâmetro de 9-2 mm houve redução da porcentagem de agregados com o aumento da profundidade de amostragem, em todos os sistemas estudados. Esta redução acompanha a diminuição nos teores de matéria orgânica, com o aprofundamento no perfil do solo.

Numa análise global deste parâmetro, pode-se inferir que dos sistemas testados (excluindo-se a testemunha, que foi o melhor), o sistema plantio direto foi o que mais contribuiu para maiores diâmetros dos agregados, esperando-se, deste modo, que o emprego deste manejo confira ao solo maior infiltração de água e maior resistência à erosão, pela ocorrência de maior porcentagem de agregados maiores que 2 mm. Este resultado foi verificado por Bezerra (1978), Barão et al. (1979) e Moura (1981).

Os resultados de retenção de água nas tensões de 10, 33, 100, 500, 1.000 e 1.500 kPa, e os dados de porosidade total utilizados como umidade de saturação foram usados como pontos observados na confecção das curvas características de retenção de umidade, as quais foram ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980). Os parâmetros referentes à equação de Van Genuchten ( $\alpha$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ) e o coeficiente de ajuste, referente aos diferentes tratamentos e profundidades, são apresentados na Tabela 5, e as curvas de retenção de água, na Fig. 2.

Os resultados apresentados na Tabela 5 mostram, pelos elevados valores de coeficiente de ajuste dos dados, que o modelo proposto por Van Genuchten (1980) foi eficiente no ajuste das curvas características de retenção de umidade deste solo, e se obtiveram desvios mínimos ou nulos, em comparação com o observado com o calculado.

Pela análise da Fig. 2 observa-se, em todos os tratamentos, nas duas profundidades, que a perda de água da saturação até a capacidade de campo é muito pequena, por causa da quase inexistência de macroporos neste solo, como pode ser observado pelas Tabelas 2 e 3. Este fato se reflete em maior aproveitamento de água pelas plantas, nesta faixa de energia.

**TABELA 3. Distribuição do tamanho dos poros, em diferentes profundidades, referentes aos sistemas de manejo estudados.**

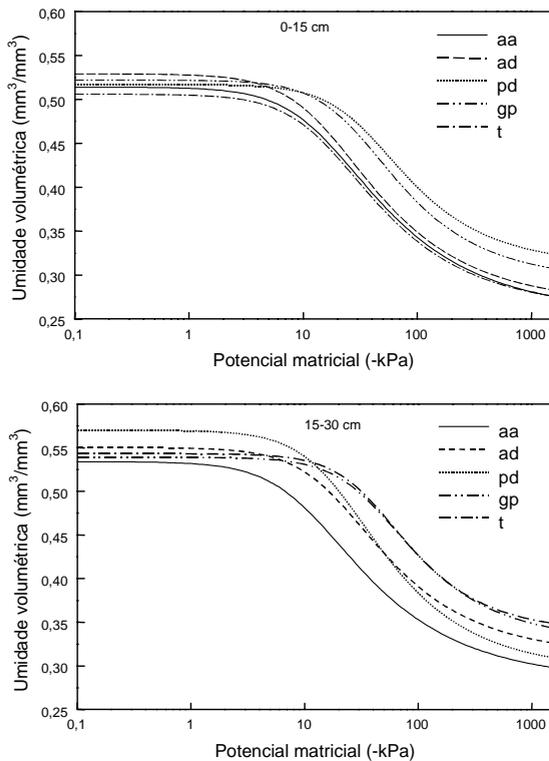
Tratamento	Prof. (cm)	Diâmetro dos poros ( $\mu$ m)					
		Macro		Micro			
		$\geq 50$	50 - 30	30 - 10	10 - 3	3 - 0,2	$\leq 0,2$
----- (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> ) -----							
Arado de aiveca	0-15	0,019	0,018	0,064	0,070	0,067	0,276
Arado de discos	0-15	0,020	0,019	0,069	0,073	0,066	0,283
Grade pesada	0-15	0,018	0,017	0,064	0,069	0,062	0,276
Plantio direto	0-15	0,007	0,008	0,046	0,078	0,075	0,308
Testemunha	0-15	0,004	0,005	0,035	0,073	0,076	0,324
Arado de aiveca	15-30	0,029	0,023	0,068	0,061	0,055	0,298
Arado de discos	15-30	0,014	0,016	0,070	0,086	0,074	0,310
Grade pesada	15-30	0,013	0,014	0,060	0,072	0,064	0,327
Plantio direto	15-30	0,003	0,005	0,032	0,073	0,083	0,344
Testemunha	15-30	0,003	0,004	0,033	0,076	0,078	0,349

**TABELA 4. Valores médios de porcentagem de agregados estáveis em água, nas diversas classes de diâmetro, nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm, referentes aos sistemas de manejo estudados.**

Classes de agregados (mm)	Prof. (cm)	Sistemas de manejo				
		Arado de aiveca	Arado de discos	Grade pesada	Plantio direto	Test.
9-2	0-15	67,18c	71,71bc	70,60bc	76,16b	87,64a
2-1	0-15	10,14a	9,71a	9,60a	9,00a	3,66b
1-0,5	0-15	9,58a	8,49a	8,57a	7,01a	3,58b
0,5-0,25	0-15	6,28a	4,70a	5,07a	3,03a	2,16b
<0,25	0-15	6,82a	5,39a	6,16a	4,80ab	2,96b
9-2	15-30	38,43c	43,20bc	36,15c	49,89b	70,03a
2-1	15-30	17,31a	19,26a	19,30a	18,44a	12,31b
1-0,5	15-30	18,96ab	18,29ab	20,05a	16,47b	9,73c
0,5-0,25	15-30	13,73a	10,33b	13,10a	8,43b	4,41c
<0,25	15-30	11,57a	8,92ab	11,40a	6,77b	3,52c

**TABELA 5. Parâmetros referentes à equação de Van Genuchten (1980), nos diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em:  $\theta_s = \theta_{max}$  e  $\theta_r = \theta_{min}$ , com n dependente de m.**

Tratamento	Prof. (cm)	Parâmetros da equação de Van Genuchten					Coeficiente de ajuste
		$\alpha$ (1/cm)	m	n	$\theta_r$ (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	$\theta_s$	
Arado de aiveca	0-15	0,0068	0,3600	1,5625	0,257	0,514	0,991
Arado de discos	0-15	0,0067	0,3762	1,6031	0,267	0,529	0,993
Grade pesada	0-15	0,0065	0,3777	1,6070	0,261	0,506	0,991
Plantio direto	0-15	0,0036	0,4121	1,7011	0,294	0,522	0,990
Testemunha	0-15	0,0029	0,4222	1,7306	0,311	0,517	0,950
Arado de aiveca	15-30	0,0095	0,3604	1,5635	0,283	0,534	0,989
Arado de discos	15-30	0,0052	0,4020	1,6723	0,295	0,570	0,975
Grade pesada	15-30	0,0055	0,3879	1,6336	0,312	0,550	0,989
Plantio direto	15-30	0,0026	0,4201	1,7244	0,329	0,539	0,986
Testemunha	15-30	0,0026	0,4443	1,7994	0,338	0,543	0,988



**FIG. 2. Curvas de retenção de água no solo, ajustadas ao modelo de Van Genuchten (1980), nos sistemas de manejo e profundidades estudadas.**

Na faixa de energia de importância para as plantas, ou seja, de 10 a 1.500 kPa, os sistemas plantio direto e testemunha apresentaram maior retenção de água nas profundidades estudadas, o que pode estar associado aos maiores teores de matéria orgânica encontrados nesses sistemas. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Costa (1979), o qual reporta que a influência da textura do solo é muito grande, mas, que solos da mesma classe textural podem ter curvas de tensão de umidade diferentes, como resultado de diferenças no teor de matéria orgânica, no tipo de argila e nas diferenças de microestrutura a elas relacionadas. Observa-se, também, maior retenção de água na camada mais profunda, em face do aumento do teor de argila com a profundidade de amostragem, e em decorrência da redução dos teores de areia, trazendo, como con-

seqüência, a predominância de microporos e maior retenção de água.

## CONCLUSÕES

1. O uso da grade pesada reduz os teores de matéria orgânica na camada de 0-15 cm.
2. A utilização da grade pesada acarreta adensamento da camada superficial.
3. O revolvimento do solo causa maior macroporosidade.
4. O sistema plantio direto acarreta menor desagregação do solo
5. O sistema plantio direto proporciona maior retenção de água.

## REFERÊNCIAS

- 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.1, p.115-119, 1995.
- BARÃO, P.U.R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.P.; CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, p.169-172, 1979.
- BAVER, L. *Soil physics*. New York: John Wiley, 1956. 489p.
- BEZERRA, J.E.S. *Influência de sistemas de manejo de solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (Zea mays, L.)*. Viçosa: UFV, 1978. 61p. Tese de Mestrado.
- BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; DILLARD, A.L. Tillage and crop rotation effect on characteristics of a sandy surface soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.54. p.1744-1747, 1990.
- CASSEL, D.K.; NIELSEN, D.R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A. (Ed.).

- Methods of soil analysis.** Part.1. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.901-926.
- CORREA, P.C. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa, MG.** Viçosa: UFV, 1984. 55p. Tese de Mestrado.
- COSTA, J.B. **Caracterização e constituição do solo.** 29.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkion, 1979. 527p.
- DOURADO NETO, D.; JONG-VAN-LIER, Q. de J.V.; BOTREL, T.A.; LIBARDI, P.L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba: v.1, n.2, p.92-102, 1990.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- GAVANDE, S.A. Física de suelos: principios e aplicaciones. México, Ed. Limusa, 1976. 351p.
- GROHMAN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia.** São Paulo, Polígono, 1972. p.77-84.
- HILL, R.L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.54, n.1, p.161-166, 1990.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KIEHL, E.J.; KINJO, T.; MARCOS, Z.Z. **Caracterização e interpretação das propriedades do solo.** 2.ed. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Solos e Geologia, 1972. 119p.
- MOURA, A.A.B. de. **Efeito de sistemas de manejo na cultura do milho (*Zea mays*, L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico, fase terraço.** Viçosa: UFV, 1981. 94p. Tese de Mestrado.
- MUZILLI, O. Influência do sistema plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.95-102, 1995.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211-216, 1988.
- REZENDE, M. **Pedologia.** Viçosa: UFV, 1982. 100p.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico:** características y manejo. San José: IICA, 1981. 634p. (IICA. Libros y Materiales Educativos, 48).
- SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.449-454, 1995.
- SHEAR, G.M.; MOSCHELER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and continuous tillage methods: a six year comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.524-526, 1969.
- TRIPLETT JUNIOR, G.B.; DOREN JUNIOR, D.M. van. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non-tilled maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.637-639, 1969.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.44, n.5, p.892-898, 1980.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In : IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná.** Londrina, 1981. Cap.2, p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).