

QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO FÉRRICO SOB SISTEMAS DE USO E MANEJO

PHYSICAL QUALITY OF AN ACRUSTOX UNDER USAGE SYSTEMS

**Alberto CARVALHO FILHO¹; Luís Carlos Cirilo CARVALHO²;
José Frederico CENTURION³; Amauri Nelson BEUTLER⁴, Jorge Wilson CORTEZ⁵,
Adriana Aparecida RIBON⁶**

1. Professor Doutor, Faculdades Associadas de Uberaba - FAZU, Uberaba, MG, Brasil. alberto@fazu.br; 2. Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 3. Professor, Doutor, Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - FCAV, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 4. Professor, Doutor, Universidade Federal do Pampa- Itaqui, RS, Brasil; 5. Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro, BA, Brasil; 6. Professora Doutora, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO: A qualidade física do solo é definida como a capacidade do solo manter a produtividade sustentável ao longo dos anos. Para mensurar a qualidade física foram avaliados atributos nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m em Latossolo Vermelho férrico, muito argiloso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro sistemas de uso (milho, cana-de-açúcar, pastagem e cerrado nativo), quatro profundidades e quatro repetições. Foram avaliadas as propriedades a seguir: composição granulométrica, grau de flocculação das argilas, densidade e porosidade do solo, retenção de água e o parâmetro “S”. Os sistemas de uso e manejo causaram degradação física do solo, destacando-se o sistema de uso com pastagem e pastejo intensivo com menor qualidade física do solo para o desenvolvimento das plantas. A qualidade física do solo, avaliada por meio dos atributos físicos, seguiu a seguinte ordem: cerrado > milho > cana-de-açúcar > pastagem. O Latossolo Vermelho acriférrico, apesar de apresentar excelente estrutura física, necessita de um manejo adequado para evitar a compactação excessiva.

PALAVRAS-CHAVE: Porosidade. Conteúdo de água do solo. Parâmetro “S”.

INTRODUÇÃO

O município de Ituverava, compreendendo a região noroeste do Estado de São Paulo, destaca-se por apresentar boa produtividade nos cultivos de milho, soja, algodão e cana-de-açúcar, sendo muito favorecido por possuir solos com excelentes propriedades físicas, que favorecem a adoção de tecnologias avançadas para as práticas culturais relativas ao manejo. Dentre esses, o solo de maior ocorrência, segundo Brasil (1960) é o Latossolo Vermelho, ocupando 670 (92%) dos 727,7 km² mapeados no município. A geologia está representada por basalto e depósitos quaternários, onde se formaram Latossolos Vermelhos, constituindo uma extensa área com material ácrico no Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1991), caracterizados por serem geralmente muito friáveis e profundos, possuindo baixa retenção de cátions. Esses solos proporcionam elevada infiltração e movimentação de água no perfil, porém baixa quantidade de água disponível (OLIVEIRA; PRADO, 1987). Entretanto, as modificações em suas propriedades físicas, devido ao uso, ainda são pouco estudadas (CARVALHO FILHO, 1999).

A retirada da cobertura vegetal original e feita à implantação de culturas, aliada as práticas de

manejo inadequadas, ocorre o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à degradação e erosão hídrica.

Silva e Ribeiro (1997), estudando o manejo físico de solos sob pastagens, relatam que há ampla evidência experimental da limitação do potencial produtivo das culturas por condições físicas do solo inadequadas. Neste contexto, Centurion et al. (2001) observaram que o cultivo do solo com pastagem, cana-de-açúcar e milho, em ordem decrescente, causaram perda de qualidade física do solo. Centurion et al. (2004) constataram que as formas de uso empregadas, algodão e cana-de-açúcar, provocaram degradação nas propriedades físicas do solo em relação ao solo sob mata.

Além dos atributos físicos comumente utilizados para a avaliação da qualidade física do solo para fins agrícolas, como a densidade e porosidade do solo, Dexter (2004) sugeriu a utilização do parâmetro “S” que é definido como a inclinação da curva de retenção de água no ponto de inflexão. Assim, “S” > 0,035 indica uma adequada distribuição de tamanho de poros e qualidade física do solo, independente do tipo de solo, sendo favorável para o crescimento das raízes. Desta

forma, fatores que alteram a distribuição de diâmetros de poros, como o uso e manejo do solo, podem ser avaliados e comparados diretamente por esse parâmetro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física do Latossolo Vermelho acriférrico em sistemas de uso e manejo com milho, cana-de-açúcar, pastagem e área com vegetação nativa de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Ituverava (20° 20' S e 47° 47' W; 631 m de altitude), no Estado de São Paulo, Brasil. O clima, segundo Köppen-Geiger, é mesotérmico com verões quentes chuvosos e inverno seco (OLIVEIRA; MENK, 1984) e regime hídrico ústico. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho acriférrico (Acrustox), argiloso, relevo plano a ondulado, com a seguinte caracterização geoquímica apresentada (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização geoquímica do Latossolo Vermelho acriférrico na camada de 0,0 – 0,20 m

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki ⁽¹⁾	Kr ⁽²⁾
----- g.kg ⁻¹ -----				
47	268	351	0,175	0,076

⁽¹⁾Ki – relação molecular sílica alumínio; ⁽²⁾Kr – relação molecular sílica/alumínio mais óxidos de ferro.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram constituídos por quatro sistemas de uso e quatro profundidades de solo, com quatro repetições.

Os sistemas de uso, analisados em áreas adjacentes, foram: milho, cana-de-açúcar, pastagem e cerrado nativo caracterizado por sua vegetação retorcida e cascas grossas que vem desaparecendo com o uso intensivo das áreas para cultivo de determinadas culturas e no momento do experimento a área apresentava pH (água) igual a 5,3, 5,1 e 5,2 nas camadas de 0 a 20, 40 a 80 e 130 a 200 cm, respectivamente.

As áreas cultivadas (1 ha) foram preparadas no sistema de preparo convencional com arado e grade até o início do experimento. O cultivo de milho iniciou em 1995, no sistema convencional, com utilização de escarificador até 0,20 m de profundidade e grade niveladora e no momento do experimento a área apresentava pH (água) igual a 6,0 e 5,7 nas camadas de 0 a 20 e 120 a 200 cm, respectivamente. A cana-de-açúcar foi instalada em 1995, por meio da abertura de sulcos de 0,25 m, após o preparo do solo com grade aradora (0,12 m) e grade niveladora, sendo a colheita manual e no momento do experimento a área apresentava pH (água) igual a 5,3 e 5,2 nas camadas de 0 a 20 e 120 a 200 cm, respectivamente. A pastagem de *Brachiaria decumbens* foi instalada em 1995, após preparo do solo com duas arações (25 cm) e quatro gradagens niveladoras (10 cm), sendo utilizado o pastejo intensivo com lotação variada durante todo o ano e no momento do experimento a área apresentava pH (água) igual a 6,0 e 5,7 nas camadas de 0 a 20 e 120 a 200 cm. A adubação das culturas seguiu a recomendação para o Estado de São Paulo (Raij et al., 1996).

As avaliações físicas do solo foram realizadas, em maio de 1998, nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Foram coletadas, com trado tipo holandês, quatro amostras deformadas por repetição, formando uma amostra composta, para determinação do conteúdo de argila, do grau de floculação e da matéria orgânica. Essas amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com abertura de malha de 2,0 mm.

A distribuição do tamanho das partículas foi determinada segundo Gee e Bauder (1986). Para determinação da argila total utilizou-se NaOH (0,1 mol L⁻¹) e para argila dispersa em água utilizou-se água destilada como dispersante das partículas de solo. Em seguida, agitou-se lentamente por 16 h (30 rpm) e determinou-se o conteúdo de argila pelo método da pipeta. O grau de floculação das argilas foi determinado pela diferença entre a porcentagem de argila total e argila dispersa em água. O teor de matéria orgânica foi obtido por oxidação úmida, (CAMARGO et al., 1986).

Para determinação da densidade, porosidade e retenção de água no solo foram coletadas amostras indeformadas com cilindros de 0,030 m de altura e 0,048 m de diâmetro (53,16 cm³). Essas amostras foram saturadas com água durante 24 h e submetidas à tensão de 0,006 MPa na mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968). Em seguida, as amostras foram pesadas, e novamente saturadas para determinação da curva de retenção de água, em câmaras de Richards, nas tensões de 0,006; 0,01; 0,033; 0,06 e 0,10 MPa, segundo Klute (1986). Na seqüência, as amostras foram secas em estufa a 105-110 °C até peso constante. A microporosidade foi obtida por drenagem até a tensão de 0,006 MPa (OLIVEIRA, 1968), a porosidade total segundo Danielson e Sutherland (1986), e a macroporosidade

por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A densidade do solo foi determinada segundo Blake e Hartge (1986).

As curvas de retenção de água (conteúdo volumétrico de água em função da tensão) foram ajustadas segundo modelo proposto por van Genuchten (1980). Para a determinação do parâmetro físico "S" as curvas foram ajustadas com o conteúdo gravimétrico de água. A partir dos coeficientes ajustados no modelo foi calculado o parâmetro "S", segundo Dexter (2004), conforme equação 1:

$$S = -n(\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[1 + \frac{1}{m} \right]^{-(1+m)} \quad (1)$$

em que,

$$m = 1 - \left(\frac{1}{n} \right), \text{ sendo } n \text{ um parâmetro de ajuste do}$$

modelo de van Genuchten (1980),

θ_{sat} e θ_{res} correspondem ao conteúdo de água (base gravimétrica) na saturação e residual da amostra, respectivamente.

A análise estatística consistiu da análise de variância e, quando significativa até 5% de probabilidade de erro, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao grau de floculação das argilas (Tabela 2), verificaram-se poucas diferenças entre os sistemas de uso com revolvimento do solo, e que

esses apresentaram menor grau de floculação na camada de 0,0 – 0,30 m em relação ao cerrado nativo. Isso se deve ao teor de matéria orgânica semelhante entre os sistemas de uso agrícola e, superior no cerrado nativo (0,0-0,10 m), concordando com Benites e Mendonça (1998), Silva et al. (2000) e Beutler et al. (2001), que verificaram altas correlações entre o grau de floculação das argilas e o teor de matéria orgânica em Latossolo Vermelho com altos teores de óxidos de Fe e Al.

Já na camada de 0,10 – 0,30 m o teor de matéria orgânica foi semelhante e o grau de floculação foi superior no cerrado, comparado aos sistemas de uso com revolvimento do solo. Isso possivelmente ocorreu por causa da maior estabilidade dos microagregados no cerrado, devido a pouca exposição a agentes desagregantes físicos e a agentes químicos como o fósforo e o cálcio. Além disso, em solos sem revolvimento, existe um equilíbrio e a formação contínua de ácidos húmicos. Esses tem ação floculante das partículas de argila, apesar do efeito da matéria orgânica em baixar o ponto de carga zero (equilíbrio de cargas negativas e positivas, condição em que as argilas floculam) a valores de pH inferior a 5,5 (BENITES; MENDONÇA, 1998), e de que o solo tem pH próximo a 6,0 que favorece a dispersão das argilas. Porém, embora as forças de repulsão eletrostáticas atuem (predomínio de cargas negativas), as forças de ligação organominerais sobrepõem-se a essas, floculando as argilas, conforme mencionado por Oades (1984).

Tabela 2. Valor médio de argila total, dispersa em água, grau de floculação e matéria orgânica nos sistemas de uso e camadas do Latossolo Vermelho acriférico

Atributo Físico	Camada, m	Sistema de uso			
		Milho	Cana-açúcar	Pastagem	Cerrado
Argila total, g kg ⁻¹	0,0 – 0,10	412,5 b ⁽¹⁾	417,5 b	400,0 b	590,0 a
	0,10 – 0,20	420,0 b	427,5 b	420,0 b	580,0 a
	0,20 – 0,30	492,5 b	492,5 b	495,0 b	600,0 a
	0,30 – 0,40	545,0 b	542,5 b	555,0 b	605,0 a
Argila em água g kg ⁻¹	0,0 – 0,10	377,5 ab	350,0 b	362,5 b	395,0 a
	0,10 – 0,20	390,0 ab	367,5 b	385,0 b	420,0 a
	0,20 – 0,30	432,5 a	395,0 a	432,5 a	442,5 a
	0,30 – 0,40	452,5 a	402,5 a	457,5 a	475,0 a
Grau de floculação %	0,0 – 0,10	8,4 b	16,2 b	9,2 b	33,0 a
	0,10 – 0,20	7,0 c	14,0 b	8,4 bc	27,6 a
	0,20 – 0,30	12,1 b	19,4 ab	12,7 b	26,3 a
	0,30 – 0,40	16,5 a	26,2 a	17,6 a	21,5 a
Matéria orgânica, g dm ⁻³	0,0 – 0,10	24,5 b	27,2 b	28,5 b	36,8 a
	0,10 – 0,20	26,5 a	26,8 a	26,5 a	25,2 a
	0,20 – 0,30	22,0 a	21,5 a	22,2 a	22,5 a
	0,30 – 0,40	19,8 a	19,2 a	20,8 a	22,0 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Outro aspecto destacável, nesse solo, são os maiores teores de argila total (605 g kg^{-1}) no cerrado nativo, comparado aos sistemas de cultivo (Tabela 2). Isso se opõe ao efeito da matéria orgânica na formação de microagregados de minerais de argila, conforme discutido acima. Na determinação de argila total, esses microagregados não são totalmente dispersados e assim uma fração é determinada na fração silte resultando em menor teor de argila total. Isso por causa do menor efeito do dispersante NaOH nas partículas de argila total em solos com altos teores de matéria orgânica e sob condições de pH elevado, o qual mantém as partículas dispersas no meio líquido durante a determinação da composição granulométrica. Por sua vez, esse maior teor de argila em água nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, no cerrado, deve-se ao fato de não haver sistema de preparo convencional do solo com arações e gradagens anuais nos sistemas de cultivo, durante vários anos, que causa a desagregação de microagregados (organo-minerais e de óxidos de Fe e de Al) e assim a dispersão de partículas de argila, conforme

também mencionado por Caravaca et al. (2004). Essas partículas possivelmente eluviaram para camadas mais profundas devido à alta porosidade desse solo, diminuindo assim o teor de argila nas camadas superficiais dos solos cultivados. Isso é confirmado quando se verifica na Tabela 2 que na camada de 0,0-0,20 m revolvida frequentemente para o cultivo, antes da instalação do experimento, apresenta menores teores que na camada de 0,20-0,40 m, e que os teores de argila aumentam em profundidade nos sistemas de cultivo e no cerrado permanece constante conforme a análise estatística, mas se observar os valores numéricos, ocorre aumento da argila em profundidade.

A porosidade total do Latossolo Vermelho acriférico (Tabela 3) é elevada e ocorre por causa dos altíssimos teores de óxidos de ferro e alumínio presente no material de origem, basalto, e ao alto grau de intemperismo (OLIVEIRA et al., 1991), que promovem a formação de solo com alto teor de óxido de Fe e Al (Tabela 1) e uma estrutura microgranular e muito porosa, segundo Ferreira et al. (1999).

Tabela 3. Valores médios de densidade do solo e porosidade nos sistemas de uso e camadas do Latossolo Vermelho acriférico

Atributo físico	Camada, m	Sistema de uso			
		Milho	Cana-açúcar	Pastagem	Cerrado
Densidade do solo, Mg m^{-3}	0,0 – 0,10	1,10 b ⁽¹⁾	1,16 ab	1,27 a	0,90 c
	0,10 – 0,20	1,15 a	1,18 a	1,17 a	1,03 b
	0,20 – 0,30	1,23 ab	1,14 b	1,27 a	1,00 c
	0,30 – 0,40	1,17 a	1,13 a	1,18 a	0,99 b
Porosidade total, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	0,0 – 0,10	0,580 b	0,542 bc	0,506 c	0,635 a
	0,10 – 0,20	0,567 ab	0,535 b	0,520 b	0,618 a
	0,20 – 0,30	0,513 b	0,532 b	0,499 b	0,626 a
	0,30 – 0,40	0,517 b	0,541 b	0,518 b	0,614 a
Macroporosidade, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	0,0 – 0,10	0,191 b	0,119 bc	0,068 c	0,306 a
	0,10 – 0,20	0,154 b	0,128 b	0,118 b	0,255 a
	0,20 – 0,30	0,100 bc	0,138 b	0,075 c	0,264 a
	0,30 – 0,40	0,133 b	0,160 b	0,129 b	0,258 a
Microporosidade, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	0,0 – 0,10	0,390 b	0,423 ab	0,439 a	0,329 c
	0,10 – 0,20	0,413 a	0,407 a	0,402 a	0,363 b
	0,20 – 0,30	0,413 ab	0,394 b	0,425 a	0,362 c
	0,30 – 0,40	0,384 a	0,381 a	0,390 a	0,356 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A porosidade total foi, exceto no sistema de uso com pastagem ($0,499 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$), superior a $0,50 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$, considerado “ideal” (BRADY; WEIL, 1999), indicando uma boa porosidade para aeração, infiltração de água e qualidade física para o crescimento das plantas. Valores elevados de porosidade total em Latossolo Vermelho com altos teores de óxidos de Fe e Al também foram

encontrados por Beutler et al. (2004) e Centurion et al. (2004).

Na área com pastejo intensivo a densidade do solo (Ds) foi superior na camada de 0,0-0,10 m, e atingiu $1,27 \text{ Mg m}^{-3}$. Possivelmente o decréscimo de produção nesse tipo de solo ocorre por impedimento mecânico ao crescimento radicular, e não por aeração como ocorre em muitos solos caulíníticos.

Centurion et al. (2004) também verificaram, em solos com altos teores de óxido de Fe e Al, que sistemas de uso com aplicação de maior quantidade de pressão na superfície do solo, como no caso o algodão, causa maior compactação do solo, verificado por meio de maior densidade do solo e menor macroporosidade, comparado a sistemas de cana-de-açúcar e vegetação nativa. Ainda, Ferreras et al. (2000) observaram que no sistema de uso, com culturas anuais, sem revolvimento do solo houve perda de qualidade física, mensurado por maior densidade do solo e microporosidade e menor porosidade total, comparado a sistemas de uso com revolvimento do solo, já no segundo ano após o início do estudo. Al-Adawi e Reeder (1996) verificaram que nos sistemas sem revolvimento do solo, a perda de qualidade física descrita por maior valor de densidade do solo e menor porosidade resultou em menor produtividade de soja e de milho.

Verificou-se maior Ds e menor porosidade na camada superficial no sistema de uso com pastagem, onde não ocorreu revolvimento e teve pastejo intensivo durante três anos, corroborando Bertol et al. (2000). Baseado nesse fato pode-se inferir que, no Latossolo Vermelho acriférrico, apesar de apresentar uma excelente estrutura e qualidade física, é necessário um manejo adequado para evitar compactação e conseqüentemente, perda de produtividade por compactação excessiva (Al-Adawi e Reeder, 1996; Flowers e Lal, 1998 e Beutler et al., 2004). Ainda, esses resultados indicam que apenas três anos de uso (depois de cerrado nativo) foram suficientes para alterar a qualidade física entre os sistemas de uso cultivados e, que esses causam alterações físicas em relação à condição de vegetação natural (cerrado). Nesse contexto, Centurion et al. (2001), também observaram em solo caulínítico-oxídico, que o cultivo do solo com pastagem, cana-de-açúcar e milho, em ordem decrescente, causaram perda de qualidade física do solo comparado à mata. Por meio dos atributos físicos, verifica-se que a pastagem com uso intensivo foi o sistema de uso que mais degradou as propriedades físicas, na camada superficial.

O decréscimo da porosidade total e alteração na distribuição do tamanho dos poros pelo uso e manejo do solo causaram decréscimo no conteúdo de água retida no solo, e conseqüentemente, na água disponível para as plantas (Figura 1), conforme também mencionado por Sharma e Uehara (1965). Esses pesquisadores

citam ainda, que em Latossolos, a estrutura e conseqüentemente a porosidade (poros de maior diâmetro) é mais importante nas relações solo-água, em relação à textura e a matéria orgânica, em tensões menores que 0,02 MPa.

De fato, a macroporosidade do solo teve relação direta com o conteúdo de água retido em baixas tensões de água. Por exemplo, na camada de 0,0-0,20 m, a macroporosidade seguiu a ordem decrescente: cerrado, milho, cana-de-açúcar e pastagem e a retenção de água na tensão de 0,001 MPa também (Figura 1). Já na camada de 0,20-0,30 m a seqüência decrescente foi cerrado, cana-de-açúcar, milho e pastagem tanto para a macroporosidade e retenção de água de 0,001 a $\pm 0,01$ MPa.

Por sua vez, o sistema de uso com pastagem utilizado com pastejo intensivo apresentou a menor macroporosidade do solo e conseqüentemente o menor conteúdo de água retido nas tensões de água inferiores a 0,02 MPa. Por outro lado, em maiores tensões, como a 0,10 MPa o conteúdo volumétrico de água foi maior no sistema de uso com pastagem. Isso por causa da maior densidade do solo (Tabela 3), seguido, em ordem decrescente, pelo sistema com cana-de-açúcar, milho e cerrado.

Na retenção de água no solo, além do efeito da compactação e da textura, muitos estudos relatam à importância da matéria orgânica, conforme descrito em Rawls et al. (2003). Assim, ao verificar-se o conteúdo de matéria orgânica do solo (Tabela 2), observa-se no cerrado $36,8 \text{ g kg}^{-1}$ (0,0-0,10 m), seguido pelo sistema de uso com pastagem ($28,5 \text{ g kg}^{-1}$), cana-de-açúcar ($27,2 \text{ g kg}^{-1}$) e milho ($24,5 \text{ g kg}^{-1}$), porém o conteúdo de água retido no solo não seguiu essa ordem, indicando que a matéria orgânica teve pouco efeito direto na retenção de água. Esses resultados são corroborados pelos obtidos por Beutler et al. (2002), Shaver et al. (2002) e Rawls et al. (2003), que mencionam que em solos argilosos o efeito da matéria orgânica na retenção de água é pequeno e indireto, ou seja, atua na melhoria da estrutura do solo, aumentando a agregação e a porosidade do solo, e assim aumenta o conteúdo de água em tensões próximas e inferiores a capacidade de campo. Ainda, concordando com os resultados encontrados nesse estudo, Beutler et al. (2002) e Rawls et al. (2003) também observaram que pequenos incrementos no teor de matéria orgânica têm pouca influência na retenção de água em solos argilosos.

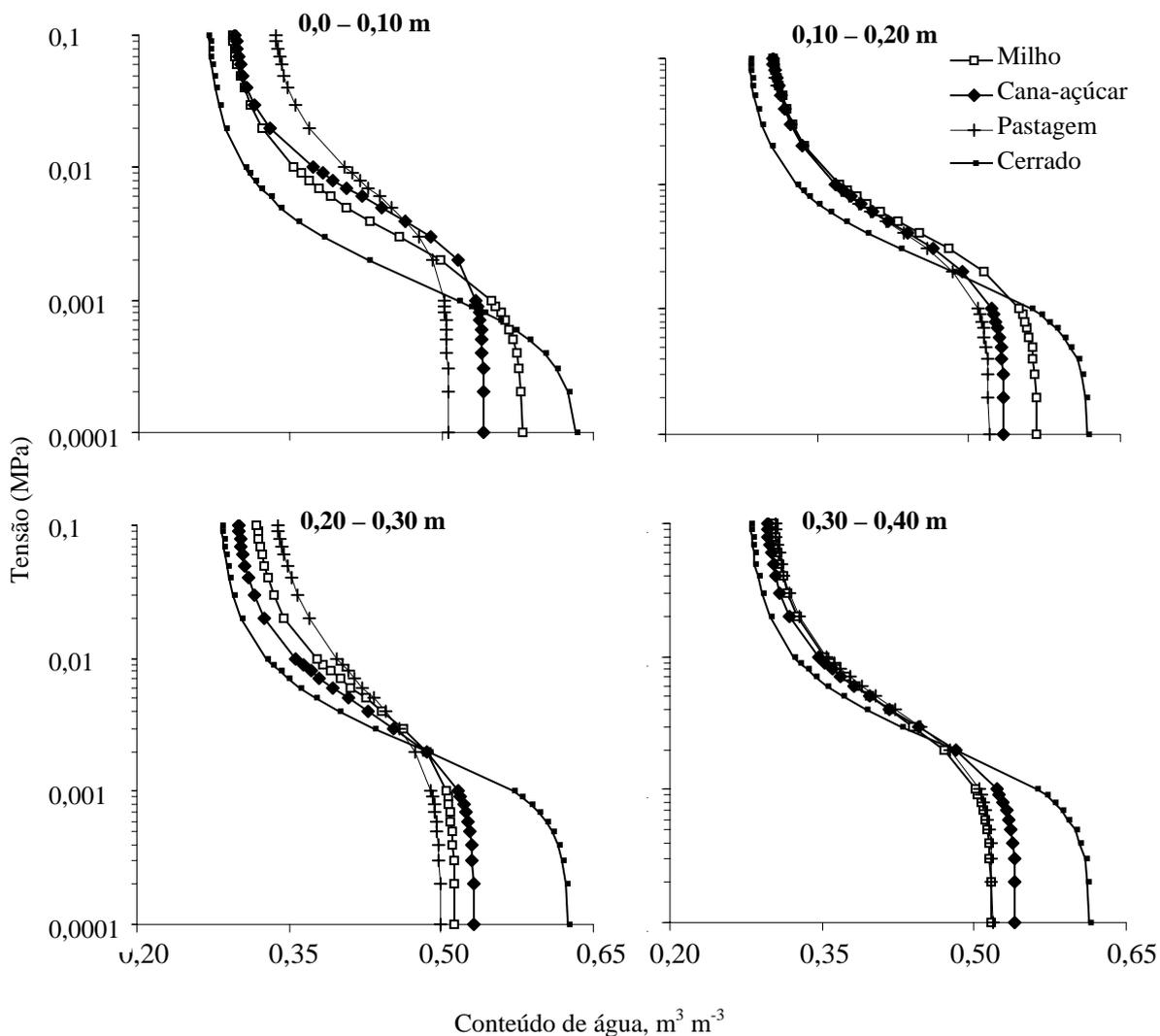


Figura 1. Retenção de água nos sistemas de uso e camadas do Latossolo Vermelho acriférrico

O parâmetro físico “S”, cujo valor indica a inclinação da curva de retenção de água e é apresentado na Tabela 4, avalia a distribuição do tamanho dos poros e a qualidade física do solo para o crescimento das plantas. No sistema de uso com pastagem foi obtido o menor valor de “S” de 0,066 e 0,063 nas camadas de 0,0-0,10 e 0,20-0,30 m, indicando decréscimo da qualidade física do solo,

ou seja, distribuição desproporcional no tamanho dos poros. A perda de qualidade física do solo é confirmada na Tabela 3, quando verificamos o valor de macro e microporosidade de 0,068 e 0,075 e, 0,439 e 0,425 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, respectivamente, na camada de 0,0-0,10 e 0,20-0,30 m e o maior valor de D_s (1,27 Mg m^{-3}), comparado aos demais sistemas de uso.

Tabela 4. Valores médios do parâmetro “S” nos sistemas de uso e camadas do Latossolo Vermelho férrico

Camada (m)	Sistema de uso			
	Milho	Cana-açúcar	Pastagem	Cerrado
0,0 – 0,10	0,109 b	0,106 b	0,066 c	0,151 a
0,10 – 0,20	0,100 ab	0,089 b	0,094 b	0,154 a
0,20 – 0,30	0,075 bc	0,093 b	0,063 c	0,156 a
0,30 – 0,40	0,084 b	0,094 b	0,088 b	0,155 a

Desta forma, sendo que o valor crítico de D_s para a produtividade de soja em Latossolo Vermelho oxídico argiloso é de $1,28 \text{ Mg m}^{-3}$ e para arroz é de $1,19 \text{ Mg m}^{-3}$ (BEUTLER et al., 2004), possivelmente a D_s de $1,27 \text{ Mg m}^{-3}$, encontrada no sistema de uso com pastagem, está próximo ao valor a partir da qual a produção começa a decrescer nesse tipo de solo, condizente com o menor valor de "S".

O valor do parâmetro "S" de 0,063, entretanto, é superior ao valor de 0,035 preconizado por Dexter (2004) como limitante ao crescimento das plantas em solos de clima temperado. Isso porque o Latossolo Vermelho férrico, formado em clima tropical, é altamente intemperizado e apresenta elevados teores de óxidos de Fe e Al que conferem melhor estrutura e porosidade a esse tipo de solo, conforme verificado nesse estudo e por Ferreira et al. (1999). Assim, para esse solo o valor do parâmetro "S" considerado crítico ao crescimento das plantas, possivelmente é superior a 0,035 preconizado para solos de clima temperado.

Ainda, verificou-se que o parâmetro "S" mostrou ser um indicador sensível da qualidade física do solo, apresentando correlação positiva com a macroporosidade ($r = 0,97$) e negativa com microporosidade ($r = -0,86$), ou seja, diminuindo a macroporosidade pela compactação do solo ocorre decréscimo do parâmetro "S", e quando for atingido um valor sugerido como crítico ao crescimento das plantas é necessário a adoção de medidas para descompactar o solo e melhorar a relação entre macro e microporos e a estrutura do solo.

CONCLUSÕES

Os sistemas de uso e manejo causam degradação física do solo, destacando-se o sistema de uso com pastagem e pastejo intensivo com menor qualidade física do solo para o desenvolvimento das plantas.

O Latossolo Vermelho férrico, apesar de apresentar excelente estrutura física, necessita de um manejo adequado para evitar a compactação excessiva.

ABSTRACT: The soil physical quality is defined as the soil capacity to maintain the sustainable productivity during the years. To assess soil physical quality, attributes were evaluated in the layers of 0.0-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.30, 0.30-0.40 m in acrustox. The experimental design was entirely randomized, with four systems of use (corn, sugar-cane, pasture and native vegetation), four soil depths and four replications. The parameter evaluated were: texture, degree of clay flocculation, soil bulk density, porosity, water retention and "S" parameter. The usage and management systems caused soil physical degradation, being greater in pasture system with intensive usage, with smaller soil physical quality for plants development. The soil physical quality, evaluated by physical attributes, followed the following order: native vegetation > maize > sugar-cane > pasture. The Oxisol, although shows present excellent physical structure and needs an adequate management to prevent excessive compaction.

KEYWORDS: Porosity. Soil water content. Parameter "S".

REFERÊNCIAS

- AL-ADAWI, S. S.; REEDER, R. C. Compaction and subsoiling effects on corn and soybean yields and soil physical properties. **Transactions of the ASAE**, Sant Joseph, v. 39, p. 1641-1649, 1996.
- BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 215-221, 1998.
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, v. 35, p. 1047-1054, 2000.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Intervalo hídrico ótimo e a produção de soja e arroz em dois latossolos. **Irriga**, Botucatu, v. 9, p. 181-192, 2004.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 829-834, 2002.

- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A. CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 129-136, 2001.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. **Bulk density**. In: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy. 1986. p. 377-382.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 12th ed. New Jersey: Prentice Hall. 1999. p. 14-15.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**: contribuição à carta de solos do Brasil. Boletim, Rio de Janeiro, v. 12, p. 1-163, 1960.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análises mineralógicas e físicas de solos do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- CARAVACA, F.; LAX, A.; ALBALADEJO, J. Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forested soils of semiarid Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 78, p. 83-90, 2004.
- CARVALHO FILHO, A. **Levantamento detalhado e alterações de alguns atributos provocados pelo uso e manejo dos solos da faculdade de agronomia de Ituverava/SP**. 1999. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M. Physical attributes of kaolinitic and oxidic oxisols resulting from different usage systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, p. 725-732, 2004.
- CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 254-258, 2001.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. **Porosity**. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy. 1986. p. 443-461.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, p. 201-214, 2004.
- FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 507-514, 1999.
- FERRERAS, L. A.; COSTA, J. L.; GARCIA, F. O.; PECORARI, C. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern “Pampa” of Argentina. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p. 31-39, 2000.
- FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 48, p. 21-35, 1998.
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. **Particle-size analysis**. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Pt. 1. p. 383-411.
- KLUTE, A. **Water retention**: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Pt.1, p. 635-662.

- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 76, p. 319-337, 1984.
- OLIVEIRA, J. B. de; PRADO, J. do. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo**. Quadrícula de Ribeirão Preto. II Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 133 p. (Boletim Científico, 7).
- OLIVEIRA, J. B. de; RESEMDE, M.; CURI, N. Caracterização e classificação de Latossolos variação Una e de solos afins da região de Guairá, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 207-218, 1991.
- OLIVEIRA, J. B. de; MENK, J. R. F. **Latossolos Roxos do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1984. 135p. (Boletim Técnico, 82).
- OLIVEIRA, L. B. Determinação da macro e microporosidade pela “mesa de tensão” em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 3, p. 197-200, 1968.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. H.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996, 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M.; BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. **Geoderma**, Amsterdam, v. 116, p. 61-76, 2003.
- SHARMA, M. L.; UEHARA, G. Influence of soil structure on water relations in low humic Latosols: I. Water retention. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 32, p. 765-770, 1965.
- SHAVER, T. M.; PETERSON, L. R.; AHUJA, L. R.; WESTFALL, D. G.; SHERROD, L. A.; DUNN, G. Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 1296-1303, 2002.
- SILVA, A. J. N. da; RIBEIRO, M. R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 648-688, 1997.
- SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2485-2492, 2000.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-897, 1980.