

Qualidade física do solo após três anos de sistema integração lavoura-pecuária no Arenito Caiuá do Noroeste do Paraná⁽¹⁾.

Jonez Fidalski⁽²⁾; Sérgio José Alves⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do FINEP/SUSTAGRI.

⁽²⁾ Pesquisador; Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR); Paranavaí, Paraná; fidalski@iapar.br;

⁽³⁾ Pesquisador; Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR); Londrina, Paraná; sja@iapar.br.

RESUMO: A altura de pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária interfere na qualidade física do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico por meio do intervalo hídrico ótimo (IHO) após três anos de sistema integração lavoura-pecuária de soja e *Brachiaria ruziziensis*, em Xambrê, Noroeste do Paraná. O delineamento experimental é de blocos casualizados, com três repetições. Foram avaliados cinco tratamentos: 10, 20, 30 e 40 cm de altura de pastejo, e sem pastejo, em parcelas experimentais de 1 ha. Em novembro de 2012, após o terceiro período de pastejo, coletaram-se 90 amostras indeformadas de solo com cilindros metálicos (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro) no centro das camadas de 0-10; 10-20 e 20-30 cm. Essas amostras foram utilizadas para descrever a curva de retenção de água, a curva de resistência do solo à penetração e a densidade do solo, utilizados para calcular o IHO. O IHO não se diferenciou entre as três camadas de solo com altura de pastejo de 10 cm; decresceu da camada de 0-10 para 20-30 cm com altura de pastejo de 20 cm; e foi maior na camada de 0-10 cm do que as camadas de 10-30 cm com a altura de pastejo de 30 e 40 cm. A qualidade física entre as camadas de solo aumenta com a altura de pastejo, sendo inferior com 10 cm, intermediária com 20 cm e superior com 30 e 40 cm de altura de pastejo.

Termos de indexação: densidade do solo, intervalo hídrico ótimo, manejo do solo.

INTRODUÇÃO

A altura de pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária interfere na qualidade física do solo (Petean et al., 2010; Collares et al., 2011) em função do manejo das forrageiras e dos animais neste sistema de produção.

A densidade, a porosidade e o conteúdo de água do solo constituem os indicadores de qualidade física do solo mais utilizados nas avaliações da qualidade física do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária (Marchão et al., 2007; Collares et al., 2011).

O intervalo hídrico ótimo (IHO) destaca-se como um dos melhores indicadores da qualidade física do

solo, o qual vem sendo utilizado em sistema integração lavoura-pecuária (Petean et al., 2010).

O IHO é determinado a partir das curvas de retenção de água do solo e da curva de resistência do solo à penetração, para cada valor de densidade do solo, a partir da capacidade de campo, do ponto de murcha permanente, de determinado valor de resistência do solo à penetração e porosidade livre de água mínima estimada para manter uma adequada aeração no solo (Tormena et al., 1998).

Os solos originários de Arenito Caiuá, na região Noroeste do Paraná, tem área em torno de 3,2 milhões de hectares e representam 16 % da área do Estado, dos quais aproximadamente, 70 % são ocupados por pastagens.

Um dos princípios básicos no estudo da qualidade do solo consiste em avaliá-la especificamente para cada classe e sistema manejo de solo (Karlen et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico por meio do IHO após três anos de sistema integração lavoura-pecuária de soja e *Brachiaria ruziziensis*, em Xambrê, Noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um experimento de 14 ha de integração lavoura-pecuária, na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), no Município de Xambrê, no Noroeste do Paraná. O solo é um Latossolo Vermelho distrófico típico textura arenosa/média (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Características do Latossolo Vermelho distrófico típico textura arenosa/média.

Item	Horizonte (cm)			
	A 0-10	AB 11-20	Bw1 21-50	Bw2 21-200
	(g kg ⁻¹)			
Argila	100	120	160	170
Silte	30	20	10	10
Areia fina	350	350	340	360
Areia grossa	650	650	660	640
Areia total	870	860	830	820
Carbono	7,05	5,98	4,1	2,83
V(%)	46	42	26	9

O experimento constituído de cinco tratamentos foi instalado em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela experimental tinha aproximadamente área de 1 ha. Os tratamentos apresentavam quatro alturas de pastejo de *B. ruziziensis* (10, 20, 30 e 40 cm) e um tratamento testemunha sem pastejo.

O sistema de integração lavoura-pecuária foi implantado a partir da safra agrícola de 2009/2010 com as culturas de soja no verão e de braquiária (*B. ruziziensis*) no inverno, e desenvolvido nas safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. O método de pastejo utilizado foi lotação contínua, com carga animal variável, para manter a altura de pastejo dos tratamentos.

A amostragem de solo foi realizada em novembro de 2010, no centro das entrelinhas de resíduos culturais de soja. As amostras indeformadas de solo foram coletadas com cilindros metálicos (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro) no centro das camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em duplicata, totalizando 90 amostras de solo. As amostras de solo foram saturadas, e expostas ao secamento natural em ambiente controlado para obter ampla variabilidade da umidade do solo e de resistência do solo à penetração (RP), as quais foram feitas por meio de um penetrômetro de bancada (Figueiredo et al., 2011). Simultaneamente, foram determinados os potenciais (Ψ) com tensiômetro em miniatura modelo T5 (Eijkelkamp, 2012) e psicrômetro modelo WP4-T (Klein et al., 2010). Em seguida, as amostras foram secadas em estufa a 105°C durante 48 h para obter a massa de água e de solo, e calcular a Ds

As curvas de retenção de água do solo foram ajustadas pelo modelo matemático proposto Ross et al. (1990), por meio da relação funcional entre potencial mátrico (Ψ) e conteúdo de água (θ): [$\theta = a\Psi^b$], ou pela transformação para logarítmica: [$\ln\theta = \ln a + b \ln|\Psi|$], em que θ = conteúdo de água ($m^3 m^{-3}$), $|\Psi|$ = módulo do potencial mátrico (MPa), e a e b são constantes estimadas no ajuste da função. Para caracterizar os efeitos da Ds, camada de amostragem, utilizou-se o procedimento adotado em Silva et al. (1994): $\ln(\theta) = \ln(a_0 + a_1 \times Ds + a_2 \times Camada) + (b_0 + b_1 \times Camada) \ln(\Psi)$, em que: a e b são os coeficientes da regressão, e xi, são camadas de amostragem (-1, 0, 1, respectivamente, 0-10, 10-20 e 20-30 cm) e Ds (densidade do solo).

As curvas de resistência do solo à penetração foram obtidas a partir da relação funcional entre a RP, θ e Ds foi ajustada utilizando a função proposta por Busscher (1990), a partir dos procedimentos descritos por Silva et al. (1994): $RP = c\theta^d Ds^e$, cuja

solução foi obtida por meio da transformação logarítmica em uma equação linear múltipla: $\ln(RP) = \ln(c) + d(\ln\theta) + e(\ln Ds)$, em que: RP (MPa), θ ($m^3 m^{-3}$), Ds ($Mg m^{-3}$) e os coeficientes de ajuste dos dados ao modelo matemático são c , d e e . A equação foi linearizada e os ajustes dos modelos das curvas de retenção de água do solo e de resistência do solo à penetração foram feitas com a rotina PROC GLM (SAS, 1999). O IHO foi calculado para cada um dos valores de Ds utilizando-se as curvas de retenção de água do solo e as curvas de resistência do solo à penetração (Tormena et al., 1998), considerando-se os limites críticos de -80 hPa, -15000 hPa, 2,5 MPa e 0,10 $m^3 m^{-3}$, respectivamente, para θ_{cc} , θ_{pmp} , θ_{rp} e θ_{pa} .

Os dados de IHO para cada tratamento foram comparados pelo intervalo de confiança da média, com intervalo de confiança de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes das curvas de retenção de água do solo foram dependentes da Ds e camadas, e os coeficientes da curva de resistência do solo à penetração foram dependentes da Ds e independentes das camadas de solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Curvas de retenção de água do solo e curva de resistência do solo à penetração

Coeficientes	Valor	Erro padrão	t	Probabilidade
Curva de retenção de água do solo ¹				
$\ln\theta = (a_0 + a_1 Ds + a_2 \text{Camada} + (b_0 + b_1 \text{Camada}) \ln \Psi $				
a_0	-2,7719	0,8787	-3,15	0,0022
a_1	-0,1605	0,0756	-2,12	0,0366
a_2	1,2937	0,5281	2,45	0,0164
b_0	-0,2369	0,0095	-24,82	<0,0001
b_1	0,0272	0,0117	2,32	0,0226
Curva de resistência do solo à penetração ²				
$\ln RP = c + d \ln \theta + e \ln Ds$				
c	-6,1228	0,8520	-7,19	<0,0001
d	-1,3357	0,0741	-18,04	<0,0001
e	7,8279	1,6469	4,75	<0,0001

¹ θ = conteúdo água ($m^3 m^{-3}$); Ds = densidade do solo ($Mg m^{-3}$); Ψ = potencial mátrico (MPa) Variável indicadora com valores "-1" para a camada de 0-10 cm, "0" para a camada de 10-20 cm e "1" para a camada de 20-30 cm, $R^2 = 0,87$; $n = 89$.

² RP (resistência do solo à penetração, MPa), θ (conteúdo de água, $m^3 m^{-3}$); Ds (densidade do solo, $Mg m^{-3}$); $R^2 = 0,76$; $n = 90$.

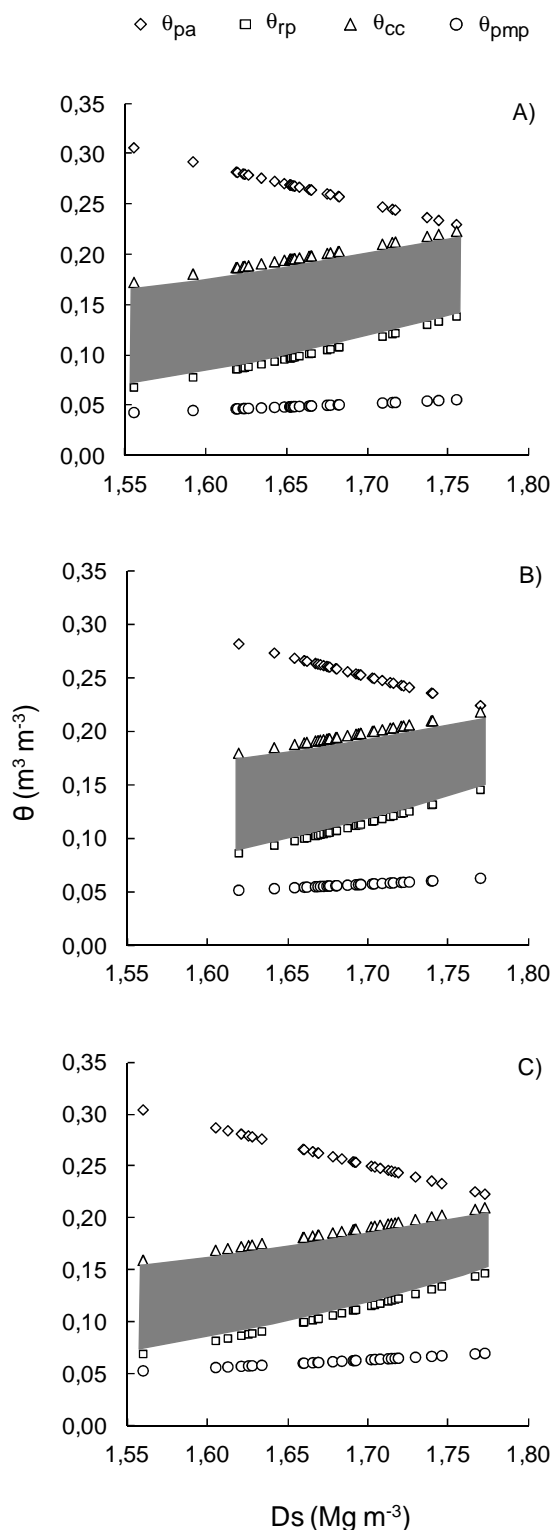


Figura 2 – θ em função da D_s para as camadas de 0-10 cm (A), 10-20 cm (B) e 20-30 cm (C). Áreas hachuradas correspondem ao IHO, para os limites críticos de -80 hPa (θ_{cc}), -15000 hPa (θ_{pmp}), 2,5 MPa (θ_{rp}) e $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (θ_{pa}).

Maiores valores de IHO na camada superficial arenosa estão associados aos maiores teores de carbono orgânico (Tabela 1). Fidalski et al. (2007; 2010) constataram maior θ e menor RP, refletindo em maior IHO no tratamento com gramínea, em razão dos teores de carbono orgânico nas curvas de retenção de água do solo e de resistência do solo à penetração.

O IHO foi maior na camada de 0-10 cm, decrescendo nas camadas de 10-20 e 20-30 cm (Figura 3). A redução do IHO ocorreu pela pelo aumento da RP que foi o fator mais limitante do IHO para todos os valores de D_s (Figura 2), corroborando aos resultados obtidos em solos similar (Fidalski et al., 2010), e em integração lavoura-pecuária (Petean et al., 2010). Não houve restrição do IHO pela θ_{pa} , com valores deste indicador superiores ao limite crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Figura 2), os quais são característicos de classes texturais arenosa e média (Tabela 1), constatada também por Fidalski et al. (2010). Não ocorreram limitações físicas para valores de D_s com IHO=0 (Figuras 2 e 3), portanto, não houve densidade do solo crítica (Tormena et al., 1998).

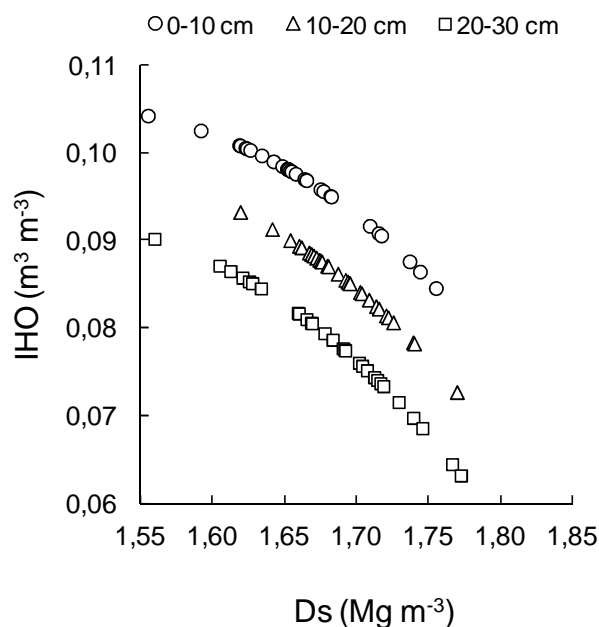


Figura 3 – IHO em função da D_s para as três camadas de solo.

O IHO não se diferenciou entre as três camadas de solo com altura de pastejo de 10 cm (Figura 4), mas decresceu da camada de 0-10 cm para 20-30 cm com altura de pastejo de 20 cm, e foi maior na camada de 0-10 cm do que as camadas de 10-20 e 20-30 cm com a altura de pastejo de 30 e 40 cm.

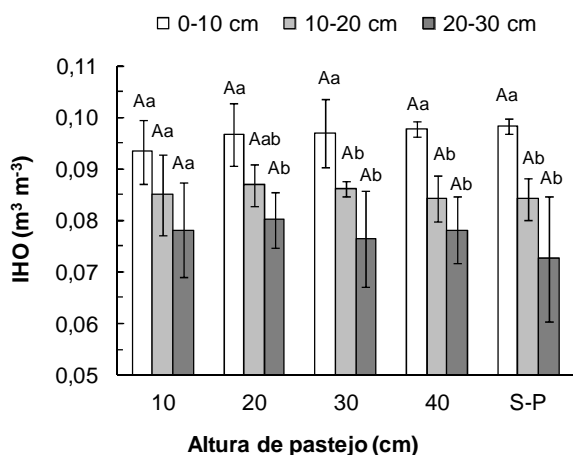


Figura 4 – IHO em tratamentos de altura de pastejo e sem pastejo (S-P), em três camadas de solo. Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média a 5 % de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem os tratamentos e médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem as camadas de solo, pelo intervalo de confiança da média a 5 % de probabilidade.

CONCLUSÕES

A qualidade física entre as camadas de solo aumenta com a altura de pastejo, sendo inferior com 10 cm, intermediária com 20 cm e superior com 30 e 40 cm de altura de pastejo.

AGRADECIMENTOS

Ao técnico em agropecuária do IAPAR, Paulo Henrique Almeida Parpinelli, por ter colaborado com a amostragem de solo.

REFERÊNCIAS

BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. *Transactions of the ASAE*, 33: 519-524, 1990.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. & KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura – pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 41:246-250, 2011.

EIJKELKAMP. T5 Miniature Pressure Transducer Tensiometer. Disponível em: [http://pkd.eijkelkamp.com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/Manuals/M1-14041002e%20Tensor%20T5 .pdf](http://pkd.eijkelkamp.com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/Manuals/M1-14041002e%20Tensor%20T5.pdf). Acesso em: 21 jun. 2012.

FIDALSKI, J. & TORMENA, C. A. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e

de resistência do solo à penetração em sistemas de manejo com plantas de cobertura permanente em citros. *Ciência Rural*, 37:1316-1322, 2007.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. & SILVA, Á. P. Least limiting water range and physical quality of soil under groundcover management systems in citrus. *Scientia Agricola*, 67:448-453, 2010.

FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; GIAROLO, N. F. B.; MORAES, S. O. & ALMEIDA, B. G. Improvement of a testing apparatus for dynamometry: procedures for penetrometry and influence of strain rate to quantify the tensile strength of soil aggregates. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:373-387, 2011.

KARLEN, D. L.; MAUSBACK, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F. & SCHUMAN, G. E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evolution. *Soil Science Society of America Journal*, 61:4-10, 1997.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T. & MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. *Ciência Rural*, 40:1550-1556, 2010.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L. & BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:873-882, 2007.

MOREIRA, W. H.; BETIOLI JUNIOR, E.; PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; COSTA, M. A. T. & FRANCO, H. H. S. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:389-400, 2012.

PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A. & ALVES, S. J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:1515-1526, 2010.

ROSS, P. J.; WILLIAMS, J. & BRISTOW, K. L. Equations for extending water-retention curves to dryness. *Soil Science Society of America Journal*, 55:923-927, 1991.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS. SAS/STAT Procedure guide for personal computers. Version 5. Cary: SAS Institute, 1999.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. & PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1775-1781, 1994.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:573-581, 1998.