

Curva de retenção de água de um Latossolo sob estados de compactação

Moacir Tuzzin de Moraes⁽¹⁾; Henrique Debiasi⁽²⁾; Julio Cezar Franchini⁽²⁾; Vanderlei Rodrigues da Silva⁽³⁾; Reimar Carlesso⁽⁴⁾ & Felipe Bonini da Luz⁽⁵⁾

(1) Mestrando, Bolsista CAPES, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Av. Roraima, nº1000, CEP 97.105-900, moacir.tuzzin@gmail.com (apresentador);

(2) Pesquisador A, Embrapa Soja. Rodovia Carlos João Strass, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina/PR. E-mail: debiiasi@cnpsa.embrapa.br, franchin@cnpsa.embrapa.br; (3) Professor, Depto de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen - RS. CEP 98400-000 Frederico Westphalen (RS). vanderlei@ufsm.br; (4) Professor titular, Bolsista CNPq, Depto de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria, RS, Campus – Bairro Camobi, CEP 97105-900, carlesso@ccr.ufsm.br; (5) Bolsista de Iniciação Científica PET, Curso de Agronomia, UFSM, Frederico Westphalen, RS, 98400-000, fe_bonini.luz@hotmail.com

Apoio: Embrapa Soja, CNPq, CAPES

RESUMO: A qualidade física do solo tem sido avaliada por diversos parâmetros, dentre estes a densidade do solo, porosidade total e a curva de retenção de água característica do solo (CRA). Objetivou-se avaliar as alterações nas propriedades físicas da CRA de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes estados de compactação. Para isso, um experimento foi instalado sobre um Latossolo Vermelho Distroférico, composto por seis níveis de compactação do solo, obtidos por meio da escarificação do solo e da compactação adicional pelo tráfego de uma colhedora autopropelida de grãos (4, 8, 10 e 20 passadas), além de uma testemunha que foi mantida sob sistema plantio direto sem escarificação e sem compactação adicional. Os pontos da CRA foram ajustados utilizando-se o modelo matemático proposto por van Genuchten (1980). Quatro passadas de uma colhedora com 10,28 Mg causou elevação do nível de compactação do solo acima de níveis considerados como críticos. A CRA foi sensível para identificar alterações na qualidade física do solo em estudo.

Palavras-chave: densidade do solo, qualidade física do solo, tráfego de máquinas.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo é o processo de redução de volume (compressão) de um solo não saturado devido sua natureza antropogênica, com consequente aumento da densidade do solo (D_s) e redução da macroporosidade. O estado de compactação interfere na dinâmica da água no solo e no crescimento de raízes.

Atributos físicos têm sido utilizados para caracterizar o estado de compactação do solo, como, a D_s , a porosidade total e a macroporosidade, a resistência mecânica do solo à penetração (RP), a capacidade de infiltração de água e a condutividade

hidráulica. Porém, há a necessidade de relacionar a resposta das plantas com o estado de compactação e com a variação do conteúdo de água no solo (θ_v), haja vista, que as plantas sofrem sazonalidades de excesso e falta de água durante o seu ciclo.

A qualidade física do solo é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários e deve ser avaliada por meio de atributos que descrevem o seu comportamento (Pereira et al., 2010). A curva característica de retenção de água no solo (CRA) tem sido utilizada como importante ferramenta na descrição do comportamento físico-hídrico e na mecânica dos solos não saturados (Lucas et al., 2011). A CRA pode ser utilizada para gerar indicadores de qualidade estrutural do solo diretamente relacionado ao desenvolvimento das plantas (Dexter, 2004).

Este trabalho teve o objetivo de identificar as alterações nas propriedades físicas do solo e na CRA em um Latossolo Vermelho sob níveis de compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina/PR (23° 11' S, 51° 11' W) e altitude de 620 m. O solo da área experimental, manejado sob sistema plantio direto (SPD) desde 1996, é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com textura muito argilosa, apresentando na camada de 0-0,2 m, teores médios de 731 g kg⁻¹ de argila, 146 g kg⁻¹ de silte e 123 g kg⁻¹ de areia, densidade de partículas de 2,96 Mg m⁻³ e 18,50 g kg⁻¹ de carbono orgânico.

O experimento foi instalado em faixas, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos, alocados em parcelas de 2,5 m de largura e 20 m de comprimento, foram

constituídos por seis níveis de compactação do solo, obtidos por meio da escarificação do solo (SPDE) e da compactação adicional pelo tráfego de uma colhedora autopropelida de grãos, em quatro diferentes intensidades, representadas por 4 (SPDC4), 8 (SPDC8), 10 (SPDC10) e 20 (SPDC20) passadas, além de uma testemunha que foi mantida sob SPD sem escarificação e sem compactação adicional (SPDNC). A colhedora utilizada apresentava massa de 10,28 Mg e pressão de contato pneu-solo de 0,23 MPa. A escarificação foi realizada por um escarificador de cinco hastes até a profundidade de 0,3 m.

Amostras indeformadas de solo foram coletadas em anéis de aço inox (5 x 5 cm) inseridos horizontalmente por meio de um macaco hidráulico no centro das camadas de 5,5-10,5 cm e 13,5-18,5 cm na parede de trincheiras abertas em cada parcela. Em cada tratamento, foram amostrados 24 anéis, totalizando 288 amostras. No laboratório, as amostras foram utilizadas para determinação da Ds, porosidade total, macro e microporosidade do solo.

Visando à obtenção de diferentes conteúdos volumétricos de água (θ_v) para a determinação da CRA, as amostras foram saturadas e equilibradas aos potenciais matriciais (Ψ_m) de -0,006; -0,01; -0,033; -0,1 e -0,5 MPa. Com intuito de obter os valores de conteúdo de água no solo retido em Ψ_m mais baixos as determinadas pelos extratores de placa porosa ($\Psi < -0,5$ MPa), utilizou-se o psicrômetro de termopar do modelo WP4-T. Para isso, foram utilizadas amostras de solo deformadas (Klein et al., 2006), totalizando quatro repetições por tratamento e camada.

A CRA foi determinada com o ajuste do modelo proposto por van Genuchten (1980) aos dados, através da determinação dos parâmetros com o auxílio do programa Soil Water Retention Curve – SWRC. Os resultados de foram submetidos a análise de variância (Teste F, $p < 0,05$) e as médias (Ds e porosidade total) foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tráfego com a colhedora compactou o solo e a escarificação diminuiu a Ds, alterando seus atributos físicos, em relação ao SPDNC (Fig. 1). A interação entre os efeitos de tratamento e camadas foi significativa ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas. A maior alteração no espaço poroso e na Ds ocorreu nas primeiras vezes em que o solo foi trafegado, quando se encontrava com conteúdo de

água equivalente a retida na capacidade de campo.

A compactação adicional no solo através do tráfego de uma colhedora causou significativas mudanças na estrutura do solo, pois o tratamento que não foi trafegado (SPDNC) comprova que o perfil do solo não apresentava diferenças entre as duas camadas para Ds ($1,25 \text{ Mg m}^{-3}$) (Fig. 1a) e a porosidade total ($0,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Fig. 1b). Por outro lado, nas áreas com tráfego da colhedora, houve um incremento na Ds e uma redução na porosidade total, em ambas as camadas, em relação ao SPDNC. Essas alterações foram mais evidentes na camada mais superficial, de modo que, já a partir de quatro passadas, a Ds tornou-se maior na camada de 5,5-10,5 cm comparativamente à de 13,5-18,5 cm. No entanto, apenas a partir de 8 passadas com a colhedora ocorreu a redução da porosidade total na camada superficial em relação à de 13,5-18,5 cm, evidenciando que este parâmetro foi menos sensível que a Ds na identificação das alterações estruturais do solo.

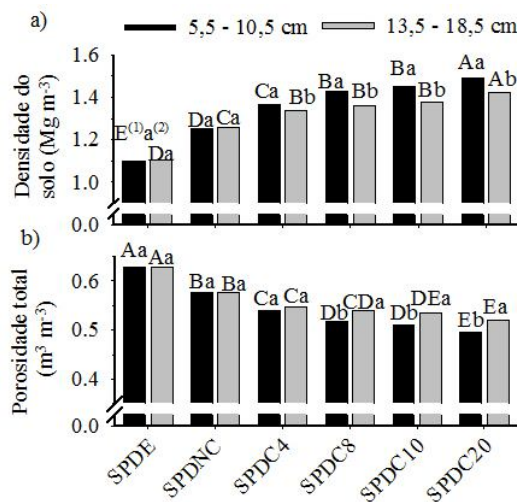


Figura 1. Densidade do solo (Ds) (a); porosidade total (Pt) (b) para as camadas avaliadas em um Latossolo Vermelho Distroférico sob níveis de compactação. ⁽¹⁾ Tratamentos com médias seguidas de mesma letra, maiúscula em mesma camada e ⁽²⁾ Camada de mesmo tratamento, com médias seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5%.

A maior Ds para as duas camadas analisadas foi observada no tratamento SPDC20, a qual foi de 1,49 e 1,42 Mg m^{-3} , para a camada de 5,5-10,5 e 13,5-18,5 cm, respectivamente. Já com a escarificação do solo este parâmetro foi reduzido, ficando em torno de

1,10 Mg m⁻³, para as duas camadas analisadas.

Observa-se que, com a compactação adicional (SPDC4), os valores de Ds foram de 1,36 e 1,34 Mg m⁻³, nas camadas de 5,5-10,5 cm e de 13,5-18,5 cm, respectivamente. Estes valores são superiores aos limites críticos ao desenvolvimento das plantas sugeridos por Torres & Saraiva (1999).

Os níveis de compactação do solo promoveram uma amplitude na porosidade total de 0,13 e 0,11 m³ m⁻³, nas camadas de 5,5-10,5 e 13,5-18,5 cm, respectivamente. Considerando o SPDNC como referência, observa-se que o SPDC20 provocou uma redução de 0,08 m³ m⁻³, corroborando com Reichert et al. (2007), os quais afirmam que a compactação é resultante de uma ação antrópica, que causa a redução do espaço poroso do solo.

Na tabela 1 são apresentados os valores dos parâmetros de ajuste da CRA (alfa, m, n, θs, θr) estimados utilizando-se o modelo proposto por van Genuchten (1980). De forma geral, verificou-se um ajuste adequado entre os dados experimentais e este modelo. Em ambas as camadas, o parâmetro alfa (α) reduziu com a compactação causada pelo tráfego.

Tabela 1. Constantes da equação de Van Genuchten de ajuste da curva de retenção de água para o Latossolo Vermelho Distroférico sob estados de compactação.

Trat.	Constantes empíricas do modelo				
	α	m	n	θ _s ⁽¹⁾	θ _r ⁽²⁾
----- Camada de 5,5-10,5 cm -----					
SPDE	2,9820	0,093	3,729	0,63	0,25
SPDNC	0,8002	0,354	1,002	0,58	0,29
SPDC4	0,0016	2,946	0,402	0,54	0,31
SPDC8	0,0003	4,309	0,426	0,51	0,33
SPDC10	0,0002	4,324	0,393	0,51	0,33
SPDC20	0,0003	3,946	0,439	0,49	0,34
----- Camada de 13,5-18,5 cm -----					
SPDE	3,0997	0,084	3,621	0,62	0,25
SPDNC	0,2857	0,578	0,635	0,58	0,29
SPDC4	0,0007	3,525	0,384	0,55	0,31
SPDC8	0,0002	4,621	0,407	0,54	0,31
SPDC10	0,0001	5,903	0,390	0,53	0,31
SPDC20	0,0003	3,907	0,452	0,52	0,32

⁽¹⁾θ_s - umidade do solo saturado (m³ m⁻³); ⁽²⁾θ_r - umidade residual do solo (m³ m⁻³).

A CRA (Fig. 2) demonstra que o SPDE favoreceu a alteração do volume total de poros do solo, os quais contribuem no total de água presente no solo quando está saturado. Observa-se que a alteração da estrutura do solo pela escarificação refletiu no aumento significativo do volume total de macroporos, pois não ocorreu maior retenção de água quando

submetido o solo à tensões maiores que 0,01 MPa. Neste sentido, a escarificação alterou a estrutura do solo, aumentando a macroporosidade, reduzindo a microporosidade em relação ao SPDNC. Ainda para este tratamento, a retenção de água foi menor para todos os potenciais abaixo da capacidade de campo (-0,01 MPa), em função da menor Ds causando uma redução no contato entre partículas.

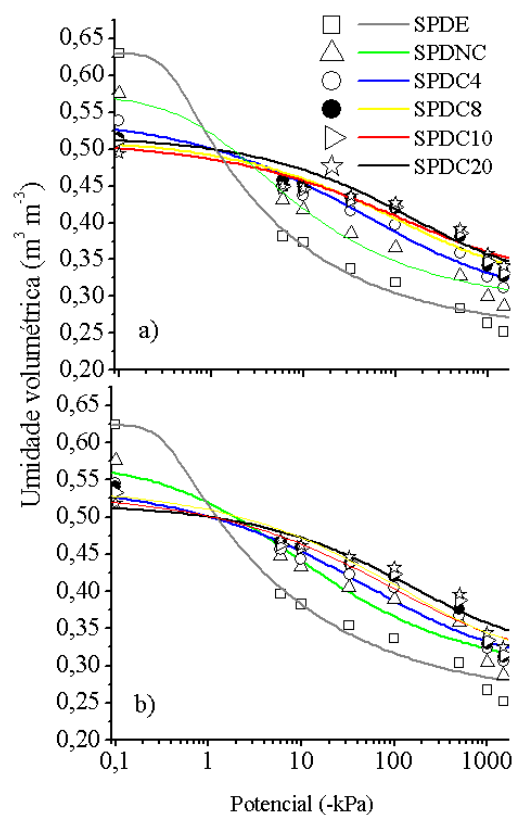


Figura 2. Curva de retenção de água ajustada pelo modelo de van Genuchten (1980), na camada de 5,5-10,5 cm (a) e camada de 13,5-18,5 cm (b), em um Latossolo Vermelho Distroférico típico sob níveis de compactação.

A compactação do solo causou redução do diâmetro dos poros, favorecendo a maior retenção de água em potenciais baixos. Demonstrando que a compactação adicional provocou transformação de parte dos macroporos em microporos, e que o tráfego causou redução da inclinação da CRA entre a CC e o PMP. Os macroporos são os primeiros a serem destruídos no processo de compactação do solo, pois possuem diâmetro maior que 50 μm resultando na destruição das unidades estruturais do solo comprometendo, principalmente a infiltração de água

e aeração do solo (Reichert et al., 2007). Estas alterações causam a redução da aeração do solo em função do aumento de contato entre as partículas do solo. Neste sentido, a CRA tem sido utilizada como importante ferramenta na descrição do comportamento físico-hídrico e na mecânica dos solos não saturados (Lucas et al., 2011).

A variação do conteúdo de água disponível do solo (AD), compreendida entre θ_{cc} e θ_{PMP} apresentou alteração em função dos níveis de compactação do solo (Fig. 3). Estas alterações são justificadas pela redistribuição do tamanho dos poros em função da escarificação e/ou compactação.

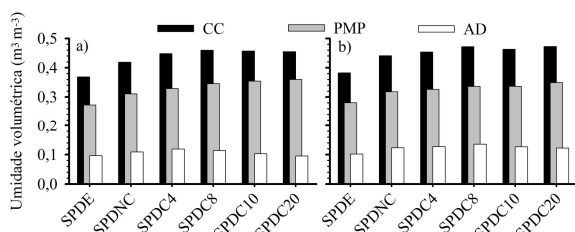


Figura 3. Variação do conteúdo de água disponível no solo, nas camadas de 5,5-10,5 e 13,5-18,5 cm, compreendida entre a capacidade de campo ($\theta_{cc} = 0,01$ MPa) e o ponto de murcha permanente ($\theta_{PMP} = 1,5$ MPa), em função de níveis de compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico.

A amplitude dos valores de AD na camada de 5,5-10,5 cm foi de $0,096 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (SPDE) a $0,119 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (SPD4). Para a camada de 13,5-18,5 cm a amplitude foi de $0,102 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (SPDE) a $0,136 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (SPD8). A quantidade de água disponível apresentou incremento na camada de 5,5-10,5 cm, até o estado de compactação atingido com quatro passadas, e na camada de 13,5-18,5 cm, apresentando aumento até o estado de compactação com oito passadas. A camada subsuperficial (13,5-18,5 cm) apresentou os maiores conteúdos de AD.

A retenção de água no θ_{PMP} aumentou em função do incremento da Ds. Esta maior retenção de água é devida à maior quantidade de partículas minerais disponíveis para a adsorção de água. As alterações da estrutura do solo, através do revolvimento, ocasiona redução da Ds, aumento da porosidade de aeração e diminuição da capacidade do solo em armazenar água. Neste sentido, segundo Camargo & Alleoni (1997) o tamanho dos poros determina o potencial da água neles retida e, portanto, a sucção necessária para esvaziá-los, desta forma, quanto

maior o tamanho do poro, menor a sucção necessária para a retirada de água, e quanto menor o tamanho dos poros, maior será a sucção necessária para esvaziá-los.

CONCLUSÕES

O tráfego de quatro passadas de uma colhedora com 10,28 Mg, causou compactação do solo à níveis críticos da Ds nas duas camadas avaliadas.

A CRA foi sensível para caracterizar as alterações causadas pelos níveis de compactação.

O conteúdo de água disponível é dependente do estado de compactação do solo, a escarificação e o tráfego a partir de 4 (camada de 5,5-10,5 cm) e 8 passadas (camada de 13,5-18,5 cm), causaram redução neste parâmetro em relação ao SPDNC.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, Degaspar, 1997. 132p.
- DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. *Geoderma*, 120:227-239, 2004.
- KLEIN, V.A.; REICHERT, J.M. & REINERT, D.J. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 10:646-650, 2006.
- LUCAS, J.F.R.; TAVARES, M.H.F.; CARDOSO, D.L. & CÁSSARO, F.A.M. Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:1957-1973, 2011.
- PEREIRA, F.S. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo Índice S. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 35:87-95, 2011.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. & REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S. & REICHERT, J. M. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 5:49-134, 2007.
- TORRES, E. & SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).
- van GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:892-898, 1980.