



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

VARIAÇÃO TEMPORAL DA RESISTÊNCIA DO SOLO SOB NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO EM UM LATOSSOLO

Moacir Tuzzin de Moraes⁽¹⁾; Henrique Debiasi⁽²⁾; Julio Cesar Franchini⁽²⁾; Vanderlei Rodrigues da Silva⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante; Curso de Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro, BR-386, Km-40, Frederico Westphalen, 98400-000, moacir.tuzzin@gmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador; Manejo do solo; Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, Paraná, debiasi@cnpso.embrapa.br; franchin@cnpso.embrapa.br ⁽³⁾ Professor, Departamento de Agronomia, UFSM, campus de Frederico Westphalen; Linha Sete de Setembro, BR-386, Km-40, Frederico Westphalen, 98400-000, vanderlei.1974@gmail.com

Resumo – A compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas pode reduzir o rendimento das culturas, em função da restrição radicular provocada por camadas superficiais compactadas. Objetivou-se, com este trabalho, identificar a variabilidade temporal da resistência do solo à penetração (RP) em diferentes estados de consistência do solo e níveis de compactação, em um Latossolo Vermelho distroférico. Os tratamentos consistiram em: sistema plantio direto escarificado (SPDE); SPD sem compactação adicional (SPDNC); e SPD com compactação adicional pelo tráfego de uma colhedora autopropelida de grãos, em quatro diferentes níveis, representados por 4 (SPDC4); 8 (SPDC8); 10 (SPDC10); e 20 (SPDC20) passadas. O SPDE resultou nos menores valores de densidade do solo (Ds) ($0,95 \text{ Mg m}^{-3}$) na camada superficial do solo. A maior Ds ($1,53 \text{ Mg m}^{-3}$) foi observada na camada de 5,5-10,5 cm no SPDC20. A RP é sensível para identificação de camadas compactadas em um perfil do solo. O tráfego da colhedora com massa de 7,0 Mg no eixo dianteiro, no SPDC10 e SPDC20, alterou a RP até a profundidade de 40 cm. A RP deve ser determinada com o solo na consistência friável.

Palavras-Chave: camadas de impedimento mecânico; tráfego sob SPD; estruturação do solo; perfil do solo.

INTRODUÇÃO

Um dos indicadores de compactação no solo é a resistência do solo à penetração, que descreve a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo (Pedrotti et al., 2001). Os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada.

O incremento da densidade do solo (compactação) e a redução do conteúdo de água do solo, geralmente causam o aumento da resistência do solo à penetração (RP), sendo indesejável para o crescimento das plantas, ocasionando redução de crescimento do sistema radicular (Bengough & Mullins, 1990).

Vaz et al. (2002) afirmam que as principais vantagens da utilização de penetrômetros de impacto

são seu baixo custo e a possibilidade de se trabalhar em solos pedregosos e/ou de alta resistência (com baixo conteúdo de água e altos teores de argila). A caracterização da compactação entre camadas de solo é melhor explicada através da RP do que pela Ds (De Maria et al., 1999).

Para um melhor aproveitamento das potencialidades do penetrômetro de impacto, é importante que as medidas sejam realizadas nas faixas de conteúdo de água estabelecidas entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, uma vez que em solos muito úmidos não há diferenciação da medida e, em solos muito secos, a determinação é muito demorada e dificultada pela excessiva resistência do solo (Vaz et al., 2002). A RP é altamente influenciada pelo conteúdo de água do solo, onde pequenas reduções no valor desse parâmetro proporcionam um incremento exponencial nas leituras de RP.

Segundo Reichert et al. (2007), a determinação da RP é um método fácil e de rápida obtenção dos dados, mas apresenta o inconveniente de ser dependente de alguns fatores já mencionados. Silva (2003) afirma que a RP apresenta maior sensibilidade em detectar diferenças entre manejos do solo em comparação a determinações que consideram a relação massa/volume.

Objetivou-se, com este trabalho, identificar a variabilidade temporal da RP em diferentes estados de consistência do solo e níveis de compactação, em um Latossolo Vermelho distroférico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina/PR ($23^\circ 11' \text{ S}$ e $51^\circ 11' \text{ W}$). O solo da área experimental, que vinha sendo cultivado em sistema plantio direto (SPD) há quinze anos, é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVDF), com teores médios de 731 g kg^{-1} de argila, 146 g kg^{-1} de silte e 123 g kg^{-1} de areia na camada de 0–20 cm, enquadrando-se na classe textural muito argilosa.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram estabelecidos seis níveis de compactação do solo: SPD escarificado (SPDE); SPD sem compactação adicional (SPDNC); e SPD compactado adicionalmente pelo tráfego de uma colhedora autopropelida de grãos, em quatro diferentes intensidades, representadas por 4 (SPDC4), 8

(SPDC8), 10 (SPDC10) e 20 (SPDC20) passadas. A colhedora utilizada para a obtenção dos diferentes níveis de compactação apresentava uma massa total de 10,28 Mg e pressão de contato do pneu com o solo de 0,23 MPa, considerando uma massa de 7,0 Mg no eixo dianteiro. A escarificação foi realizada por um escarificador de cinco hastes até a profundidade de 30 cm.

A Ds, foi determinada, em cada parcela, através de amostras indeformadas de solo coletadas nas camadas de 5,5-10,5 cm e 13,5-18,5 cm, com o centro do cilindro nas profundidades de 8 e 16 cm, respectivamente. Foram coletados, em cada tratamento e profundidade, 24 cilindros de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno, totalizando 288 amostras.

A RP foi determinada conforme ASAE (2004). Em cada parcela, foram realizadas oito leituras distanciadas 0,15 m entre si, em um transecto de 1,05 m disposto transversalmente ao sentido do tráfego da colhedora e da escarificação. Foi utilizado um penetrômetro de impacto (modelo IAA/ Planasucar-Stolf) (Stolf, 1991), equipado com um cone de 130 mm² de área da base e 30° de ângulo sólido, até a profundidade de 0,45 m. A transformação dos valores da penetração da haste do aparelho (cm/impacto) em RP (MPa) foi obtida conforme Stolf (1991). As avaliações da RP foram realizadas em diferentes épocas durante a condução do experimento, para se obter variação no conteúdo de água do solo. Antes da primeira avaliação da RP, todo o experimento foi irrigado, com o objetivo de uniformizar e aumentar o conteúdo de água do solo para valores superiores à capacidade de campo. As avaliações realizadas ao longo do tempo permitiram obter leituras de RP em condições de menor conteúdo de água em função da redistribuição e evaporação da água do solo.

A partir desses dados, foram elaborados gráficos (perfis de RP) mostrando a variação horizontal e vertical dos valores de RP para cada nível de compactação e para três faixas de conteúdo gravimétrico de água (Ug) que, conforme Torres & Saraiva (1999), correspondem aos diferentes estados de consistência do Latossolo estudado: plasticidade (29 % < Ug ≤ 35 %); friabilidade (25 < Ug ≤ 29 %); e solo seco (21 % < Ug ≤ 25 %).

Os resultados foram submetidos à análise da variância e as médias foram comparadas através do teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro, por meio do programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de compactação do solo proporcionaram alterações significativas na estruturação do solo, considerando a Ds (Tabela 1). De acordo com esta Tabela, verifica-se que os menores valores de Ds, em ambas as camadas (5,5-10,5 e 13,5-18,5 cm), foram obtidos para o SPDE. Da mesma forma, a Ds aumentou significativamente em função do incremento da intensidade do tráfego da colhedora, nas duas camadas amostradas. É interessante observar que, no SPDC20, a Ds na camada de 5,5-10,5 cm chegou a 1,50 Mg m⁻³,

valor próximo a Ds máxima estimada pelo teste de Proctor para este Latossolo, que, conforme Torres & Saraiva (1999), corresponde a 1,53 Mg m⁻³.

A escarificação resultou nos menores valores de Ds (1,10 Mg m⁻³), causado pela desestruturação do solo, demonstrando que esta prática acarreta a ruptura das ligações que se estabelecem entre as partículas e agregados do solo, aumentando a suscetibilidade à compactação e reduzindo a capacidade de suporte de carga do solo (Debiasi, 2008).

A partir da visualização da RP referente aos níveis de compactação em diferentes faixas de Ug (Figura 1), é possível identificar o efeito da alteração da estrutura do solo em profundidade no perfil do solo, proporcionada pela escarificação e pela compactação adicional.

O tráfego da colhedora com massa de 7,0 Mg no eixo dianteiro, no tratamento SPDC20, alterou os valores de RP no perfil do solo até a profundidade de 20, 30 e 45 cm quando observado o solo na faixa de consistência plástica, friável e seca, respectivamente (Figura 1). Desta forma, pode ser destacado que em Ug alta (consistência plástica), não é possível detectar o efeito do tráfego em camadas inferiores a 20 cm. Silva et al. (2000) afirmam que ocorre aumento da RP e da Ds em profundidades maiores que 30 cm, quando realizado tráfego com máquinas agrícolas que possuam carga por eixo acima de 4,5 Mg.

Comparando-se os valores de RP do SPDNC nos diferentes Ug, pode-se visualizar uma camada com maior grau de compactação somente na condição de solo seco, a qual se posiciona entre 5 a 20 cm. Desta forma, a influência do Ug pode estar contribuindo para uma diferenciação maior entre esta camada e as camadas inferiores. Porém, os valores de Ds nessa camada (1,25 Mg m⁻³) são inferiores aos considerados críticos ao desenvolvimento das plantas para este Latossolo (Torres & Saraiva, 1999), indicando que a mesma não tem problemas de compactação do solo.

A utilização do penetrômetro de impacto possibilitou a identificação das alterações estruturais no perfil do solo causadas pelo tráfego da colhedora, favorecendo assim a visualização de camadas compactadas. Com a visualização da alteração em profundidade causada pelo tráfego da colhedora, conclui-se que o incremento do número de passadas resulta na transmissão das pressões aplicadas pelos rodados da máquina para camadas mais profundas. Segundo Silva et al. (2001), a intensidade e a profundidade da camada compactada no solo dependem da massa e das características dos implementos e dos veículos utilizados para o preparo do solo.

No SPDE, a maior RP ocorre abaixo dos 30 cm, confirmando que esta camada não foi mobilizada pela haste do escarificador, apresentando assim, valores de Ds e RP semelhantes ao SPDNC (Figura 1). A diferença entre os níveis de compactação é mais visível quando o solo está seco (abaixo de 25 % de Ug). Porém, em solos com baixo conteúdo de água, suas partículas apresentam-se mais próximas e difíceis de serem separadas por forças externas, dificultando a obtenção dos valores de RP dos tratamentos, além de apresentarem maior RP (Reichert et al., 2007). Neste sentido, a consistência ideal para realizar leituras de RP é a friável, possibilitando assim, determinações precisas.

Segundo Torres & Saraiva (1999), a principal dificuldade do uso das leituras de RP relaciona-se à definição de um nível a partir do qual se determina que um solo esteja ou não compactado, pois, as leituras com penetrômetros variam muito com a variação do Ug. Assim, para reduzir erros de interpretação, a comparação entre leituras de RP realizadas em tratamentos diferentes somente é possível quando as leituras são realizadas sob Ug similares. Ainda segundo Torres & Saraiva (1999), o limite crítico da RP para o desenvolvimento da maioria das espécies, obtida através de penetrômetros de impacto, situa-se entre 3,5 a 6,5 MPa.

CONCLUSÕES

1. A RP é sensível para caracterização de camadas compactadas em um perfil do solo.
2. O incremento do número de passadas de uma colhedora de 7,0 Mg de massa no eixo dianteiro aumentou a profundidade de compactação do solo.
3. A RP deve ser determinada com o solo na consistência friável.

REFERÊNCIAS

ASAE – AMERICAN SOCYETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer – ASAE S313.3 saint Joseph, 2004.

BENGHOUGH, A.G. & MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of Soil Science*, 41:341-358, 1990.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. & SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:703-709, 1999.

DEBIASI, H. Recuperação física de um Argissolo compactado e suas implicações sobre o sistema solo-máquina-planta. 263 f., Tese (Doutorado), Programa de

Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; DIAS JUNIOR, M.S.; GOMES, A.S. & TURATTI, A.L. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:521-529, 2001.

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. *Tópicos em Ciência do Solo*. v. 1, Viçosa, 2007. p. 49-134.

SILVA, M.S.L.; CAVALCANTI, A.C.; GOMES, T.C.A. & ANJOS, J.B. Solos adensados e/ou compactados: Identificação/diagnósticos e alternativas de manejo. Petrolina: Embrapa, 2001. 6p. (Circular Técnica, 76).

SILVA, V.R. Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação. 171p. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. *Ci. Rural*, 30:795-801, 2000.

SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. SAS/STAT User's Guide 8.0. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:229-235, 1991.

TORRES, E. & SARAIA, O. F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

VAZ, C.M. P.; PRIMAVESI, O.; PATRIZZI, V.C. e IOSSI, M.F. Influência da Umidade na Resistência do Solo Medida com Penetrômetro de Impacto. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado técnico, 51).

Tabela 1. Estatística descritiva para os valores de densidade do solo nos diferentes níveis de compactação de um Latossolo Vermelho distroférrico nas camadas de 5,5-10,5 e 13,5 -18,5 cm.

Trat	Nº	Min.	Média	Max.	Md.	Mo.	S	CV
----- Camada de 5,5-10,5 cm -----								
SPDE	24	0,95	1,10 Ea*	1,28	1,11	1,04	0,073	6,67
SPDNC	24	1,16	1,25 Da	1,32	1,25	1,25	0,044	3,50
SPDC4	24	1,28	1,36 Ca	1,46	1,36	1,36	0,038	2,84
SPDC8	23	1,38	1,43 Ba	1,47	1,44	1,47	0,030	2,11
SPDC10	24	1,36	1,45 Ba	1,52	1,46	1,46	0,040	2,86
SPDC20	23	1,43	1,50 Aa	1,53	1,50	1,52	0,030	2,01
----- Camada de 13,5- 18,5 cm -----								
SPDE	24	0,98	1,10 Da	1,23	1,11	1,15	0,069	6,32
SPDNC	24	1,16	1,25 Ca	1,32	1,26	1,27	0,043	3,42
SPDC4	24	1,28	1,34 Bb	1,43	1,33	1,33	0,036	2,69
SPDC8	24	1,29	1,36 Bb	1,42	1,36	1,35	0,026	1,93
SPDC10	24	1,26	1,38 Bb	1,47	1,38	1,44	0,058	4,18
SPDC20	24	1,34	1,42 Ab	1,49	1,42	1,43	0,048	3,42

Trat: tratamentos; Nº: número de observações; Min: mínimo; Max: máximo; Md: mediana Mo: moda; S: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. SPDE: sistema plantio direto (SPD) escarificado; SPDNC: SPD não compactado adicionalmente; SPDC4: SPD com compactação adicional por quatro passadas de colhedora; SPDC8: SPD com compactação adicional por oito passadas de colhedora; SPDC10: SPD com compactação adicional por dez passadas de colhedora; *Tratamentos com médias seguidas de mesma letra maiúscula em uma mesma camada, e minúscula em camadas do mesmo tratamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

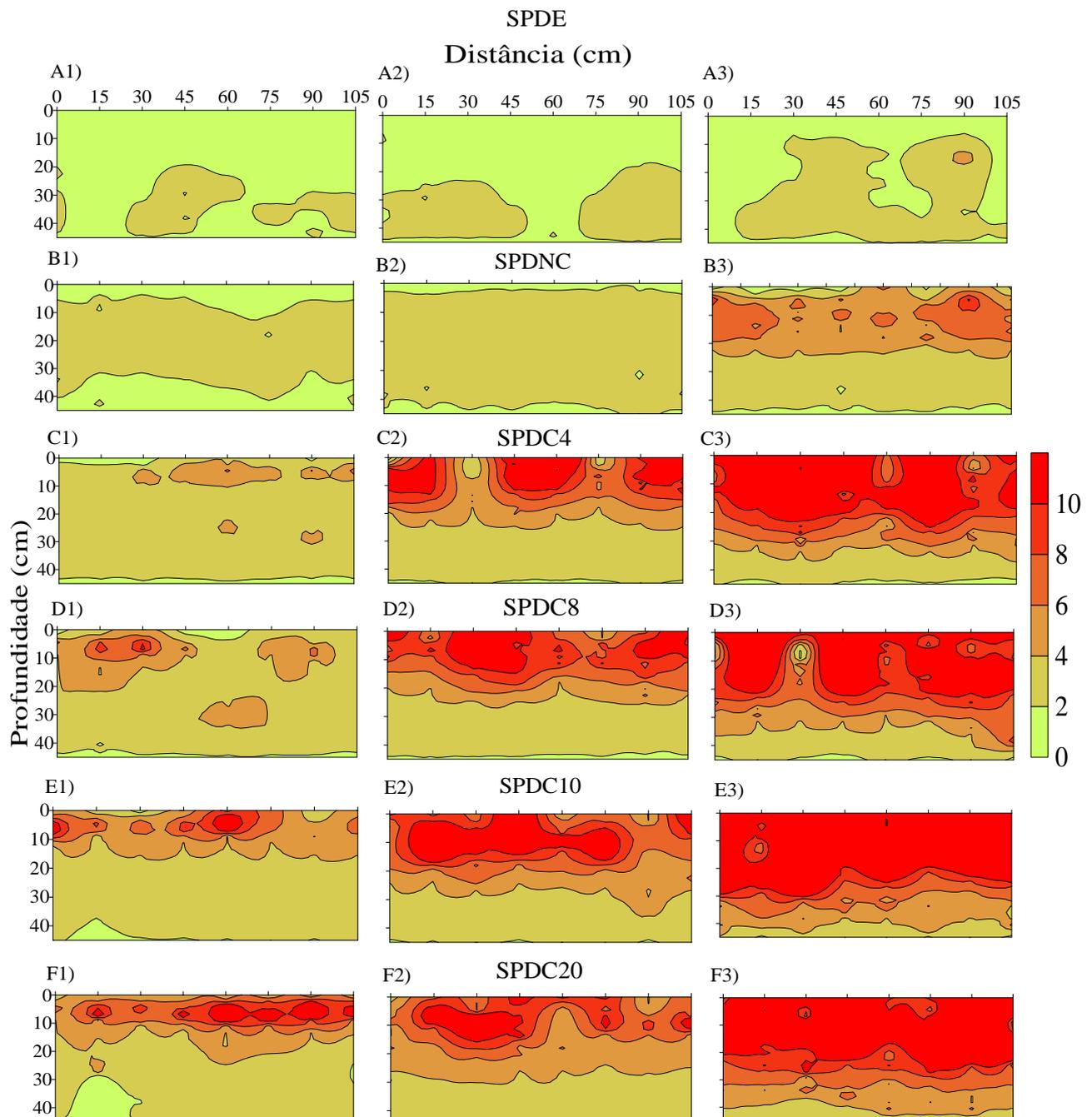


Figura 1. Resistência do solo à penetração nos diferentes níveis de compactação a) SPDE; b) SPDC4; c) SPDC8; d) SPDC10; e) SPDC20, sob diferentes consistências do solo (plasticidade: figura 1; friabilidade: figura 2; e solo seco: figura 3), Londrina/PR, 2011. SPDE: sistema plantio direto (SPD) escarificado; SPDC4: SPD com compactação adicional por quatro passadas de colhedora; SPDC8: SPD com compactação adicional por oito passadas de colhedora; SPDC10: SPD com compactação adicional por dez passadas de colhedora.