

Intervalo hídrico ótimo em diferentes estados de compactação de um latossolo vermelho sob sistema plantio direto

MORAES, MOACIR T.¹; DEBIASI, HENRIQUE²; FRANCHINI, JULIO C²; SILVA, VANDERLEI R.¹ ¹Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, ²Embrapa Soja, Caixa Postal, 231, 86001-970, Londrina, Paraná.
e-mail: moacir.tuzzin@gmail.com

Introdução

A compactação do solo é o processo de redução de volume (compressão) de um solo não saturado por causas de natureza antropogênica, com conseqüente aumento de sua densidade e redução da porosidade. Vários atributos físicos têm sido utilizados para caracterizar o estado de compactação de um solo, tais como, a densidade do solo (Ds), porosidade total e macroporosidade, resistência mecânica à penetração de raízes, capacidade de infiltração de água, condutividade hidráulica, entre outros. 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, haja vista que as plantas sofrem sazonalidades de excesso e falta de água durante o seu ciclo.

Com o intuito de gerar um indicador de qualidade estrutural do solo diretamente relacionado com o desenvolvimento das plantas, Silva et al. (1994) propuseram o conceito de "Least Limiting Water Range" (LLWR). A designação LLWR foi traduzida para o português e empregada como Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) por Tormena et al. (1998). Segundo os mesmos autores, o IHO é definido como sendo a faixa de conteúdo de água do solo menos limitante ao desenvolvimento das culturas. O IHO integra os efeitos de três indicadores de qualidade física do solo sobre o crescimento das plantas (porosidade de aeração, água disponível às plantas, e resistência mecânica do solo à penetração de raízes) em função de uma única variável, a Ds. A faixa de conteúdo de água que representa o IHO é definida por um limite superior, que pode ser o conteúdo de água na capacidade de campo (CC) ou o conteúdo de água no qual a porosidade de aeração crítica é de 10%, e por um limite inferior, equivalente ao conteúdo de água no ponto de murcha permanente (PMP) ou o conteúdo de água no qual a resistência mecânica do solo à penetração (RP) atinge um valor crítico (2 MPa).

O estado de compactação do solo interfere na dinâmica da água e no período em que o solo apresenta-se em condições físicas inadequadas ao crescimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi determinar o Intervalo Hídrico Ótimo em diferentes estados de compactação de um Latossolo Vermelho distroférico cultivado sob plantio direto.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina/PR (23° 11' 37" S e 51° 11' 03" W). O solo da área experimental, que vinha sendo cultivado em sistema plantio direto (SPD) por 15 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. Os tratamentos consistiram em: SPD escarificado; SPD sem compactação adicional; e SPD com compactação adicional pelo tráfego de uma colhedora autopropelida de grãos, em quatro diferentes níveis (4; 8; 10 e 20 passadas). A colhedora de grãos utilizada para estabelecer os 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. A escarificação foi realizada por meio de um escarificador mecânico de cinco hastes até a profundidade de 30 cm.

Logo após a aplicação dos tratamentos, foram coletadas, em cada tratamento, vinte amostras indeformadas de solo na camada de 5,5 a 10,5 cm, com o centro do cilindro na profundidade de 8 cm. Para a coleta, utilizara-se cilindros com 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno, totalizando cerca de 100 cm³ de volume. Visando à obtenção de diferentes conteúdos de água para a determinação da curva de retenção de água (CRA) e da curva de resistência do solo (CRS), as amostras foram saturadas e equilibradas às tensões de 0,006; 0,01; 0,033; 0,1 e 0,5 MPa.

O cálculo do intervalo hídrico ótimo (IHO) foi realizado conforme descrito em Tormena et al. (1998). Para o limite inferior do IHO, foi utilizado o conteúdo de água na tensão de 1,5 MPa, equivalente ao PMP (θ_{PMP}) ou o conteúdo de água onde a resistência a penetração do solo atinge 2 MPa (θ_{rp}). Para o limite superior, aceitou o conteúdo de água na tensão de 0,01 MPa, equivalente à CC (θ_{cc}) ou a porosidade de aeração de 10% (θ_{ar}). O valor da densidade do solo crítica (Ds_c) foi obtido a partir da interseção dos limites inferior e superior do IHO, no qual este é igual a zero. Para o cálculo da porosidade de aeração, a porosidade total foi determinada utilizando-se o valor de densidade das partículas de 2,96 Mg m⁻³, obtida pelo método do balão volumétrico, correspondendo à média de 24 amostras coletadas na profundidade analisada. Para a relação da CRA com a densidade do solo, usamos a equação descrita por Leão et al. (2004). A RP foi determinada utilizando um penetrômetro eletrônico de bancada com velocidade de inserção de 20 mm min⁻¹ e cone de 4 mm, conforme descrito por Tormena et al. (1998). A CRS foi obtida ajustando-se os dados de RP ao conteúdo de água volumétrico e à Ds , por meio do modelo não-linear sugerido por Busscher (1990). A densidade do solo foi determinada conforme Embrapa (1997).

Os ajustes da CRA e CRS foram realizados através da rotina "PROC NLIN", do módulo de estatística do programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999). Os gráficos foram plotados por meio do programa SigmaPlot®10.0 (Systat software, Inc.).

Resultados e Discussão

A figura 1 foi obtida plotando os limites inferior e superior do IHO em um mesmo sistema de coordenadas x e y, onde o eixo x representa a Ds , em Mg m⁻³, e eixo y o conteúdo de água do solo, em m³ m⁻³. Ela representa, portanto a variação do conteúdo de água do solo nos limites críticos definidos por θ_{PMP} , θ_{rp} , θ_{cc} e θ_{ar} em função da Ds . O IHO é representado pela área colorida no gráfico tendo sido definido em seu limite superior pelo θ_{cc} , e em seu limite inferior pelo θ_{rp} . O valor de Ds , em que ocorre a interseção das linhas relativas ao limite superior (θ_{cc}) e inferior (θ_{rp}), torna o IHO igual a zero e é denominado de Ds crítica (Ds_c). Para este Latossolo Vermelho distroférico, na camada de 5,5-10,5 cm, a Ds_c foi de 1,32 Mg m⁻³, demonstrando que valores de Ds inferiores a este limite não restringem o desenvolvimento das plantas. Silva (2003) encontrou a Ds_c de 1,40 Mg m⁻³ para um Latossolo Vermelho distroférico com teor de argila de 600 g kg⁻¹ na camada superficial. Entretanto, Petean et al. (2010) e Tormena et al. (2007), trabalhando em um Latossolo vermelho distroférico com teor de argila de 850 g kg⁻¹ e 870 g kg⁻¹, respectivamente, encontraram valores de 1,26 Mg m⁻³ e 1,30 Mg m⁻³, demonstrando que a Ds_c é reduzida com o aumento do teor de argila.

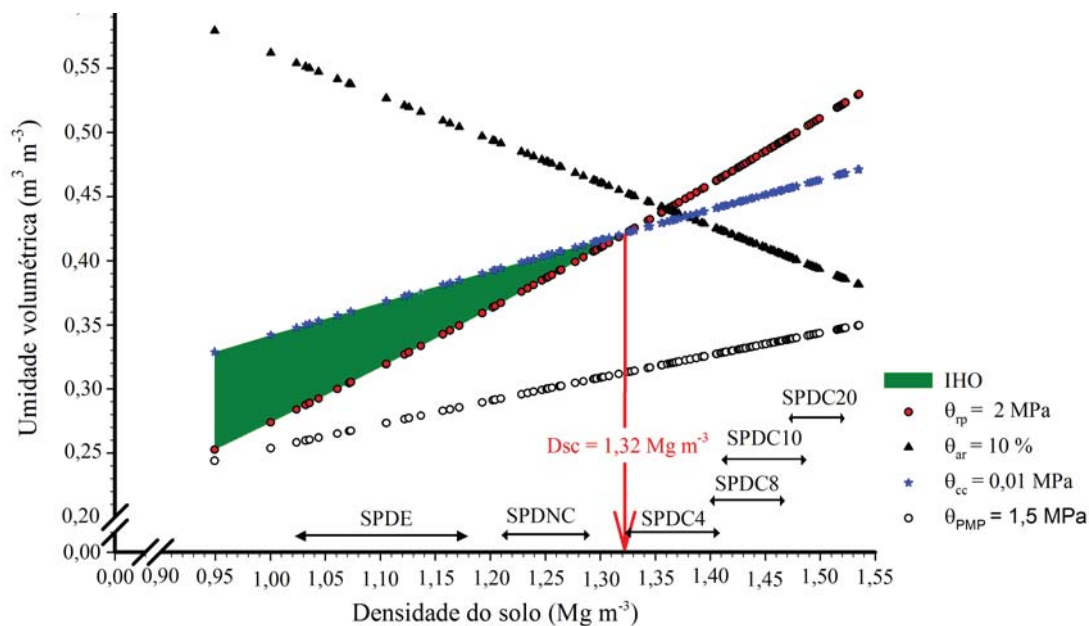


Figura 1. Intervalo hídrico ótimo (IHO), na camada de 5,5 a 10,5 cm, determinado pela variação do conteúdo de água com a densidade do solo nos níveis críticos da capacidade de campo ($|\Psi| = 0,01$ MPa), ponto de murcha permanente ($|\Psi| = 1,5$ MPa), porosidade de aeração de 10% e resistência à penetração de 2 MPa, no Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa. A densidade crítica (Dsc), onde o IHO = 0, é indicada pela seta vertical. As setas horizontais correspondem à média dos valores da densidade do solo \pm um desvio padrão para cada um dos tratamentos: sistema plantio direto escarificado (SPDE); SPD sem compactação adicional (SPDNC); e SPD compactado adicionalmente, com 4 (SPDC4), 8 (SPDC8), 10 (SPDC10) e 20 (SPDC20) passadas de uma colhedora de 10,28 Mg.

A amplitude total de variação do IHO foi de 0 até $0,076 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 5,5-10,5 cm. O θ_{cc} aumentou com a Ds, comportamento também observado por Leão et al. (2004) em Latossolo de textura média e por Petean et al. (2010) em um Latossolo argiloso. Com o aumento da Ds, observa-se que ocorre um acréscimo no θ_{PMP} sendo este atribuído ao aumento do número de partículas disponíveis para a retenção de água por unidade de volume de solo, decorrente do processo de compactação (Van den Berg et al., 1997). Porém, o PMP em nenhum momento foi responsável pela restrição do limite inferior do IHO, demonstrando que para este solo, o limite inferior corresponde ao θ_{rp} .

Os tratamentos foram plotados na figura 1, de forma a apresentar os valores médios da Ds mais ou menos um desvio padrão, representados pelas setas horizontais. Com isso, pode-se identificar o intervalo de confiança para cada tratamento, possibilitando o posicionamento dos mesmos em relação ao IHO. Observa-se a alteração da estrutura do solo em função do tráfego, com o aumento da densidade e redução do IHO (Figura 1).

De acordo com a figura 2, verifica que o SPD escarificado e o SPD sem compactação adicional não apresentaram nenhuma amostra de solo com Ds maior do que a Dsc ($1,32 \text{ Mg m}^{-3}$). Apesar disso, é importante destacar que, na área com SPD sem compactação adicional, os valores de conteúdo de água no solo entre os limites superior ($0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e inferior ($0,37 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) são bastante próximos, ou seja, pequenas variações no conteúdo de água e o solo já estaria fora dos limites críticos do IHO.

Quando o solo sob SPD foi trafegado quatro vezes com uma colhedora de 10,28 Mg e pressão de contato do pneu com o solo de 0,23 MPa, ocorreu o aumento da Ds de forma que 90% das amostras apresentaram um valor superior ao da Dsc. Assim, observa-se que quatro passadas de uma colhedora de 10,28 Mg foram suficiente para compactar o solo de tal forma a restringir

o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, tanto nesta camada, quanto em camadas inferiores. Notamos ainda que todas as amostras de solo coletadas nos tratamentos referentes ao SPD compactado adicionalmente por 8, 10 e 20 passadas da colhedora apresentaram valores de D_s superiores à D_{sc} .

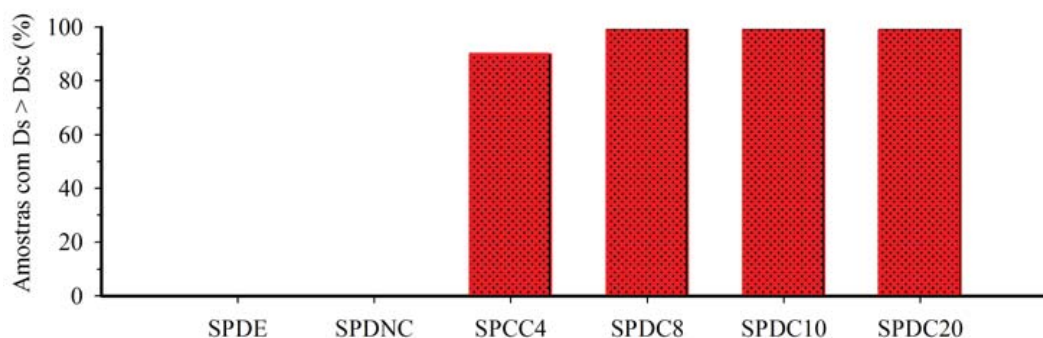


Figura 2. Percentagem das amostras com densidade do solo maior do que a densidade do solo crítica, na profundidade de 5,5-10,5 cm, para os tratamentos, Londrina – PR, 2011.

Conclusões

O tráfego sobre o Latossolo Vermelho distroférico causou alterações significativas na estrutura do solo.

O intervalo hídrico ótimo tornou-se nulo quando o solo foi trafegado quatro vezes com uma colhedora de 10,28 Mg e pressão de contato do pneu com o solo de 0,23 MPa.

O IHO apresentou redução com o aumento da densidade do solo, sendo considerado nulo na densidade do solo crítica de 1,32 Mg m⁻³.

O limite superior do IHO foi o conteúdo de água na capacidade de campo e o limite inferior o conteúdo de água que a resistência do solo atinge 2 MPa, em toda a amplitude de densidade do solo.

Referências

- BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 33, n.3, p. 519-524, 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro. 1997. 212 p.
- LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 415-423, 2004.
- PETEAN, L.P.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1515-1526, 2010.
- SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

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

SILVA, V.R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 171 f. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração Biodinâmica de solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

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**, v.22, p.573-581, 1998.

TORMENA, C.A.; ARAUJO, M.A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.211-219, 2007.

VAN DEN BERG, M; KLAMT, E.; VAN REEUWIJK, L.P.; SOMBROEK, W.G. Pedotransfer functions for the estimation of moisture retention characteristics of Ferralols and related soil. **Geoderma**, v.78, p.161-180, 1997.