

Tempo de escarificação e adoção do sistema plantio direto e a relação com a densidade do solo máxima

Felipe Bonini da Luz⁽¹⁾; **Moacir Tuzzin de Moraes**⁽²⁾; **Vanderlei Rodrigues da Silva**⁽³⁾;
Henrique Debiasi⁽⁴⁾; **Julio Cezar Franchini**⁽⁴⁾; **Cicero Ortigara**⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Estudante; Curso de Agronomia; Bolsista PET, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro, BR- 386, Km-40, Frederico Westphalen, 98400-000, fe_bonini.luz@hotmail.com; ciceroortigara@hotmail.com ⁽²⁾ Doutorando; Programa de pós- graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽³⁾ Professor, Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, UFSM, campus de Frederico Westphalen; Linha Sete de Setembro, BR-386, Km-40, Frederico Westphalen, 98400-000, vanderlei@ufsm.br ⁽⁴⁾ Pesquisador; Manejo do solo; Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, Paraná, debiassi@cnpso.embrapa.br; franchin@cnpso.embrapa.br

RESUMO: Os diferentes sistemas de manejo do solo podem provocar alterações nas propriedades físicas do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar a densidade do solo máxima em função do tempo de escarificação, umidade do solo, e de adoção do sistema plantio direto em um Latossolo Vermelho. A densidade final do solo foi obtida a partir da carga de 1600 kPa pelo teste de compressibilidade do solo com base em cinco sistemas de manejo do solo: sistema preparo convencional (SPC); sistema plantio direto (SPD) com escarificação a cada ano (SPDE1); SPD com escarificação a cada três anos (SPDE3); SPD contínuo por 11 anos (SPDC11); SPD contínuo por 24 anos (SPDC24). A partir da umidade gravimétrica e da densidade do solo foram determinadas curvas de compactação do solo em três profundidades, onde verificou-se ajustes das curvas ao modelo quadrático. A partir da análise das curvas verificou-se que a influência do tempo sem revolvimento do solo favoreceu a redução da densidade do solo máxima.

Termos de indexação: compressibilidade, manejo do solo, curva de compactação.

INTRODUÇÃO

A estrutura do solo é controlada pelo sistema de manejo aplicado sobre ele, o qual tem influência sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Dentre as características físicas mais afetadas podemos citar a densidade do solo, a porosidade total, a macroporosidade e o conteúdo de água no solo. Segundo Michelin et. al. (2009) estas características são os principais indicadores da qualidade física do solo para avaliação dos sistemas produtivos.

O sistema plantio direto (SPD) é responsável hoje no Brasil por uma área cultivada de 32 milhões de hectares, sendo o sistema de manejo mais importante para a sustentabilidade dos agroecossistemas brasileiros. Entretanto, ainda existem problemas relacionados a este sistema como a formação de uma camada com maior

grau de compactação geralmente posicionada entre 0,10-0,20 m (FRANCHINI et. al., 2011). Para reduzir problemas de compactação do solo, Klein et al. (2009), indicam a utilização da escarificação periódica do solo. No entanto, o efeito residual da escarificação do solo tem sido igual ou menor que dez meses (Moraes, 2013).

O grau de compactação do solo tem sido avaliado por meio da densidade relativa, a qual é uma relação entre a densidade atual do solo e a densidade do solo máxima. Entretanto a determinação tradicional da densidade do solo máxima tem sido determinada por meio do teste de proctor, o qual utiliza amostras deformadas do solo. Para aumentar a representatividade da densidade do solo máxima Suzuki (2005) propôs submeter amostras indeformadas de solo à carga de 1600 kPa no ensaio de compressão uniaxial.

A umidade crítica de compactação e a densidade do solo máxima em um Latossolo Roxo, não foi alterada em função de manejos do solo, incluindo SPD (Figueiredo et al., 2000). Entretanto, Braida et. al. (2006) observaram que o acúmulo de matéria orgânica proporcionada por diferentes sistemas de manejo do solo, reduz a densidade do solo máxima e aumenta a umidade crítica para compactação do solo, favorecendo que o solo aumente sua capacidade de suporte de carga.

O aumento do tempo sem revolvimento do solo sob SPD pode alterar a força de ligação das partículas de agregados do solo, podendo aumentar a resistência da estrutura do solo (Moraes, 2013), portanto isso pode influenciar a alteração da densidade do solo máxima determinada em amostras indeformadas pelo ensaio de compressão uniaxial. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de determinar a alteração da densidade do solo máxima em função do tempo de escarificação e de adoção do sistema plantio direto em um Latossolo Vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um experimento de longa duração, implantado em 1988 na fazenda experimental da Embrapa Soja (23°11' S, 51°11' O, e altitude de 620 m). O clima da região foi classificado por Koppen como Cfa, subtropical úmido, mesotérmico, com médias anuais de 20°C de temperatura e de 1622 mm de precipitação. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa (Santos et al., 2006). Na camada de 0,0-0,30 m, o solo apresentou teores de 755, 178, 67 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente (Moraes, 2013).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com oito repetições e cinco tratamentos (sistemas de manejos de solo), em parcelas de 30 x 10 m. Os sistemas de manejo do solo foram constituídos por: (i) sistema preparo convencional (SPC) utilizando grade pesada a uma profundidade média de 0,15 m, seguida de grade leve antes de cada cultivo de inverno e verão; (ii) SPD com escarificação periódica a cada ano (SPDE1); (iii) SPD com escarificação periódica a cada três anos (SPDE3); (iv) SPD contínuo por 11 anos, implantado em 2001 (SPDC11); (v) SPD contínuo por 24 anos, implantado em 1988 (SPDC24).

No SPDC11, entre os anos de 1988 e 2001, foi realizado manejo do solo com arado de aivecas (profundidade média de trabalho de 0,32 m) seguido pela gradagem leve realizada antes da cultura de verão, e gradagem pesada (profundidade média de trabalho de 0,15 m) seguida de gradagem leve realizada antes da implantação da cultura de inverno. Nos SPDE1 e SPDE3 foi realizada a escarificação antes da implantação das culturas de inverno, com escarificador montado modelo Cruzador, com massa de 360 kg e quatro hastas distanciadas 0,40 m, e profundidade média de trabalho de 0,30 m, com ângulo de ataque de 45°. A amostragem de solo no SPDE1 e SPDE3 foi realizada após 10 e 22 meses da última escarificação do solo, respectivamente.

Na safra de 2011/12, foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3 m, para a amostragem foi utilizado anéis de aço inox com volume de 100 cm³ (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro), com o auxílio de um dispositivo amostrador de solo, acoplado a um trator, de modo em que os anéis sejam inseridos verticalmente no solo, sem que haja impacto. Foram coletados 24 anéis por tratamento e camada (três repetições por

parcela), nas entrelinhas não trafegadas da cultura da soja.

As amostras indeformadas de solo foram divididas em quatro grupos, saturadas e equilibradas nas tensões de -6, -33, -100 e -500 kPa em câmaras de Richards. Ao atingirem o equilíbrio em cada potencial, as amostras de solo foram pesadas e submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, utilizando uma prensa de compressão uniaxial automatizada (CNTA-IHM/BR-001/07). O ensaio de compressão uniaxial foi composto por aplicações contínuas e sucessivas de pressões preestabelecidas nas amostras indeformadas de solo conforme Silva et al. (2007). As pressões (25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1.600 kPa), foram aplicadas até obtenção de 90% da deformação máxima do solo em cada carga (TAYLOR, 1948 apud IMHOFF et al., 2001).

Foi determinada a umidade gravimétrica inicial do solo e após a aplicação da pressão de 1600 kPa foi determinada a densidade do solo final. A partir da densidade do solo final e a umidade gravimétrica inicial foi determinada a curva de compactação do solo, para tanto, foi feito o ajuste da equação polinomial de 2º grau. A partir da primeira derivada da equação polinomial de 2º grau, para cada manejo do solo, foi determinada a umidade ótima para a máxima compactação, e por meio da segunda derivada da equação foi determinada a densidade do solo máxima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de densidade do solo máxima ($D_{s_{máx}}$) e de umidade gravimétrica do solo crítica ($U_{g,c}$), correspondentes às três camadas em estudo, podem ser observados na tabela 1. Na camada de 0,0-0,10 m o SPDC24 apresentou a menor $D_{s_{máx}}$ quando comparado com os demais sistemas de manejo do solo. O SPDC24, na camada de 0,0-0,10 m, apresentou uma curva de compactação menor que o SPDC11, demonstrando que o aumento do tempo de adoção do SPD favorece alteração da curva de compactação do solo, reduzindo a $D_{s_{máx}}$ (Figura 1). Este processo de redução da $D_{s_{máx}}$, possivelmente pode ser favorecido em função do aumento da força de ligação dos agregados, e incremento da resistência dos agregados do solo (Dexter, 1988; Moraes, 2013). Este processo de redução da $D_{s_{máx}}$, na camada de 0,0-0,10 m, também pode ser observado por meio do aumento do tempo sem escarificação do solo. Ao compararmos o SPDE1 em relação ao SPDE3, foi possível observar que o aumento do tempo sem revolvimento do solo favoreceu redução da $D_{s_{máx}}$. Isso demonstra que o aumento do tempo sem escarificação do solo, em um Latossolo Vermelho

Distoférrico muito argiloso, favorece alteração da estrutura do solo, aumentando a capacidade de suporte de carga do solo no SPDE3 em relação ao SPDE1, pois foi reduzida a $Ds_{máx}$.

Tabela 1 – Valores de umidade do solo crítica (Ug_c) e Densidade do solo Máxima (Ds_m) para três profundidades.

TRAT	0,0-0,10 m		0,10-0,20 m		0,20-0,30 m	
	Ug_c Kg kg ⁻¹	Ds_m Mg m ⁻³	Ug_c Kg kg ⁻¹	Ds_m Mg m ⁻³	Ug_c Kg kg ⁻¹	Ds_m Mg m ⁻³
SPDE1	0,31	1,60	0,31	1,60	0,32	1,55
SPDE3	0,31	1,55	0,32	1,56	0,33	1,53
SPDC11	0,29	1,58	0,31	1,58	0,31	1,59
SPDC24	0,32	1,54	0,32	1,56	0,33	1,52
SPC	0,30	1,56	0,30	1,58	0,34	1,53

Nas profundidades de 0,10- 0,20 m e 0,20-0,30 m o SPDC24 apresentou os menores valores de $Ds_{máx}$, o que pode ser relacionado ao aumento da capacidade de suporte de carga neste manejo do solo. Conforme Braida et al. (2006), o aumento de matéria orgânica do solo em um Argissolo Vermelho, favoreceu a redução da $Ds_{máx}$ e aumentou do teor de umidade necessário para atingi-la.

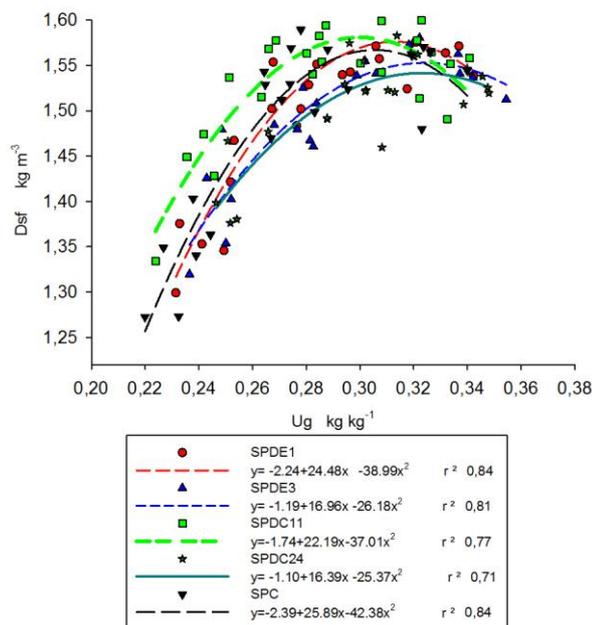


Figura 1. Curva de compactação de um Latossolo Vermelho Distoférrico com diferentes manejos do solo, na camada de 0,0-0,10 m determinada pelo ensaio de compressão uniaxial.

Ao analisarmos o SPC, na camada de 0,0-0,10 m, foi observado que a $Ds_{máx}$, com exceção ao SPDC24 e SPDE3, foi menor do que nos demais sistemas de manejo do solo (SPDC11, SPDE1). Entretanto a Ug_c no SPC foi menor em relação ao SPDC24, indicando que o SPC apresenta uma maior suscetibilidade à compactação em relação

ao SPDC24. A alteração da Ug_c , conforme Braida et al. (2006) pode ser explicada por meio da alteração do teor de matéria orgânica do solo. Conforme estes autores, a matéria orgânica possui alta área superficial específica, o que favorece aumento na ligação das partículas de solo com a água, incrementando assim a retenção de água no solo.

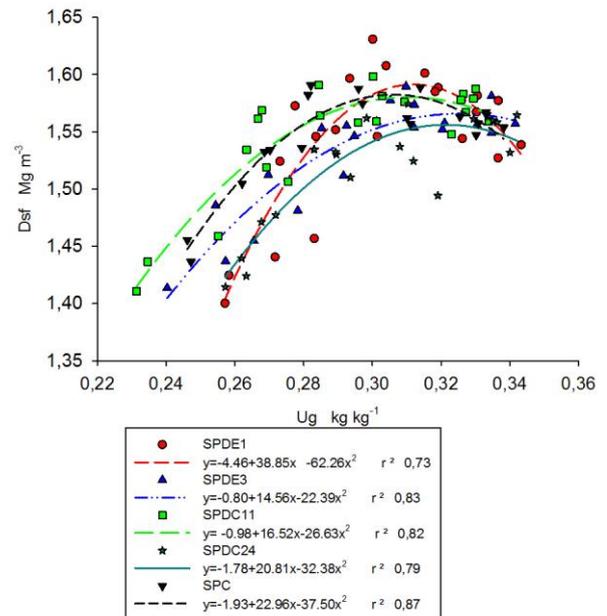


Figura 2. Curva de compactação de um Latossolo Vermelho Distoférrico com diferentes manejos do solo, na camada de 0,10-0,20 m determinada pelo ensaio de compressão uniaxial.

No SPDC24 os valores de Ug_c nas três camadas avaliadas (0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) foram superiores aos demais manejos do solo (SPC, SPDE1, SPDE3 e SPDC11), demonstrando que o solo sob SPDC24 apresenta aumento do intervalo de Ug para realização de operações mecanizadas (tráfego para semeadura, pulverização de defensivos agrícolas e colheita), sem que ocorram riscos de compactações. Os resultados de Ug_c , neste trabalho, foram maiores do que os observados por Figueiredo et al. (2000), onde estes autores concluíram que em um Latossolo Roxo, com 650 g kg⁻¹ de argila, as operações motomecanizadas (preparo do solo, semeadura, colheita) devem ser executadas quando a Ug for menor que 0,29 kg kg⁻¹. Entretanto, Rossetti et al. (2012) avaliando um Latossolo Vermelho, com 9 anos sob SPD e com 400 g kg⁻¹, observaram que as operações mecanizadas podem ser executadas na faixa de 0,13 a 0,19 kg kg⁻¹ de Ug para que não ocorram degradações física do solo.

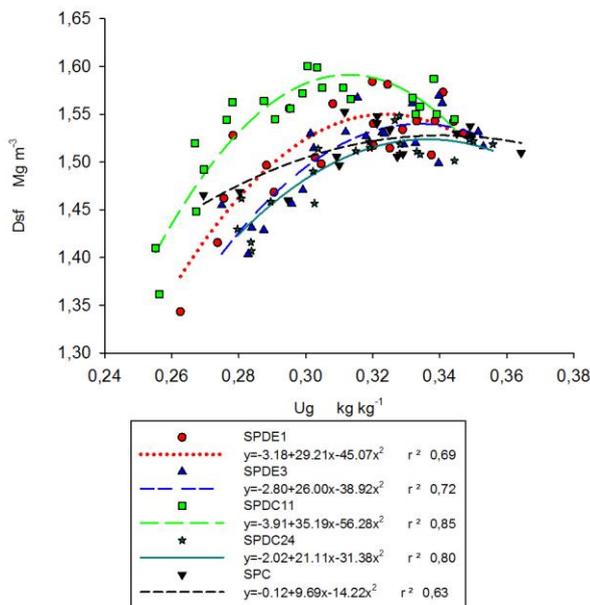


Figura 3. Curva de compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico com diferentes manejos do solo, na camada de 0,20-0,30 m determinada pelo ensaio de compressão uniaxial.

As curvas de compactação do solo nos sistemas de manejo estudados são apresentadas nas figuras 1, 2 e 3, conforme esperado, foi verificado ajuste de um modelo quadrático aos dados de $D_{s_{max}}$ para cada manejo do solo. Conforme Weirich Neto et al. (2002), a redução do conteúdo de água no solo, favorece elevação do atrito interno entre as partículas de solo, o que reduz a acomodação e rearranjo das partículas, aumentando a capacidade de suporte do solo e reduzindo a D_s final após aplicar uma pressão sobre o solo. Entretanto, o aumento do conteúdo de água no solo, a partir da U_{g_c} , favorece que a água ocupe todos os espaços porosos, e atue como um fluido incompressível, reduzindo assim a D_s final.

Sendo assim, a diferença entre as curvas de compactação do solo em função dos sistemas de manejo de solo, pode ser explicada pelo maior tempo sem revolvimento do solo e maior capacidade de retenção de água no solo.

CONCLUSÃO

O incremento do tempo sem revolvimento do solo, de um para três anos, e o incremento do tempo de adoção do sistema plantio direto de 11 para 24 anos, em um Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso, favorece a redução da densidade do solo máxima.

REFERÊNCIAS

BRAIDA, J. A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a Densidade máxima obtida no ensaio proctor. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 30:605-614. 2006.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam.11:199-238, 1988.

FIGUEIREDO, L. H. A.; DIAS JUNIOR, M. S. & FERREIRA, M. M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 487- 493, 2000.

FRANCHINI, J. C. et al. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

IMHOFF, S et al. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 11-18, 2001.

MICHELON, C. J. et al. Qualidade física de solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:39-45, 2009.

MORAES, M. T. Qualidade física do solo sob diferentes tempos De adoção e de escarificação do sistema Plantio direto e sua relação com a rotação de Culturas. 205 f., Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

ROSSETI, K. V. et al. Atributos Físicos nos Tempos de Adoção de Manejos em Latossolo Cultivado com Soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36: 367-376, 2012.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SILVA, R. B.; LANÇAS, K. P.; MASQUETTO, R. J. Consolidômetro: equipamento pneumático-eletrônico para avaliação do estado de consolidação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 617-615, 2007.

SUZUKI, L. E. A. S.. Compactação do solo e sua influência nas Propriedades físicas do solo e Crescimento e rendimento de culturas. 149 f., Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WEIRICH NETO, P. H.; DA ROSA, A. L. T. & GOMES, J. A. Suscetibilidade de dois tipos de solo à compactação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 6: 349-353, 2002.