

Resistência tênsil e friabilidade de agregados do solo sob diferentes preparos e sistemas de culturas

SANTOS, F. J.¹; CHICOWSKI, A. S.²; BALBINOT JUNIOR, A. A.³; FRANCHINI, J. C.³; DEBIASI, H.³; SANTOS, E. L.¹; BIANCO, R.⁴

¹Centro Universitário Filadélfia de Londrina – UNIFIL, Campus Palhano Londrina-PR, felipeesaantos@hotmail.com; ²Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina-PR, ; ³Embrapa Soja; ⁴UTFPR, Campus Londrina- PR.

Introdução

A estrutura do solo determina diversos processos relacionados ao desenvolvimento das plantas, como a resistência mecânica ao crescimento das raízes e os fluxos de água, calor e oxigênio (LETEY, 1985). A intensidade de revolvimento do solo e a quantidade e a qualidade da fitomassa vegetal adicionada ao solo estão entre os principais fatores que governam a qualidade e a estabilidade estrutural do solo (GOLDCHIN et al., 1997). Neste sentido, a adoção de sistemas de manejo com baixa intensidade de revolvimento do solo, como o sistema plantio direto (SPD), associado a esquemas de rotação envolvendo culturas com alto potencial de produção de fitomassa da parte aérea e raízes, contribuem para a preservação e/ou melhoria da qualidade física do solo (FRANCHINI et al., 2011).

A qualidade física e estrutural dos solos é geralmente avaliada por meio do estudo de propriedades ligadas à forma e à estabilidade estrutural, como densidade do solo, porosidade e distribuição dos agregados em diferentes classes de tamanho (TORMENA et al., 2008). A resistência tênil (RT) e a friabilidade (FR) dos agregados também podem ser utilizadas como indicadores dos efeitos do manejo na qualidade estrutural do solo sob SPD. Neste sentido, a RT é definida como a força por unidade de área requerida para fraturar os agregados do solo (DEXTER; WATTS, 2000). Esse parâmetro é influenciado por diversos fatores, tais como o teor de matéria orgânica (DEXTER; WATTS, 2000; FERREIRA et al., 2011) e a densidade do solo (TORMENA et al., 2008). Agregados com elevados valores de RT refletem uma estrutura estável, com maior resistência à ruptura por forças externas, como a pressão aplicada pelos rodados das máquinas agrícolas. A FR, definida como sendo a heterogeneidade da RT dos agregados ao fraturamento, é outro indicador da qualidade estrutural do solo, uma vez que a condição de solo friável é desejável para a germinação das sementes, o crescimento das plântulas e o estabelecimento das culturas (IMHOFF, 2002).

Este trabalho parte da hipótese de que o SPD e a rotação de culturas aumentam a RT e a FR dos agregados em relação ao sistema preparo convencional (SPC) e à sucessão de culturas. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a RT e a FR de agregados do solo sob diferentes sistemas de manejo do solo e de cultura.

Material e métodos

O experimento vem sendo conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR, (23° 12' S, 51° 11' W e 560 m de altitude) sobre um Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa (784 g kg⁻¹ de argila na camada de 0-30 cm de profundidade). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de 20 °C de temperatura e de 1.340 mm de precipitação pluviométrica. O experimento foi instalado no ano de 2003/2004, com o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições e

esquema fatorial 2 x 3. O primeiro fator foi constituído por dois sistemas de manejo (SPC e SPD) e o segundo, por três sistemas de culturas (sucessão 1 = soja/trigo; rotação 1 = tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja; e sucessão 2 = soja/milho 2ª safra). Na sucessão 2, o milho 2ª safra passou a ser consorciado com braquiária ruziziesis (*Urochloa ruziziensis*) a partir de 2007.

Para a determinação da RT, coletou-se, com o auxílio de uma pá, monólitos de solo de dimensões (30 x 15 x 10 cm) na parede de trincheiras abertas em cada parcela, nas camadas de 0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m. Os monólitos foram armazenados em recipientes plásticos devidamente identificados e vedados. Em laboratório, os monólitos manualmente fragmentados seguindo os planos de fraqueza, de modo a se obter agregados naturais de tamanho entre 12,5 mm e 19 mm, com diâmetro médio de 15,75 mm. Após secagem ao ar, foram obtidos cinquenta agregados de cada monólito de solo, que foram individualmente pesados em balança analítica. Em seguida, cada agregado foi colocado em sua posição mais estável entre duas placas metálicas, uma móvel e outra fixa. A placa móvel (22 mm de diâmetro) foi adaptada a um penetrômetro de bancada da marca Marconi, possibilitando assim a medição da força necessária à ruptura do agregado. Após a realização dos testes, todos os agregados de uma amostra (monólito) foram reunidos e secos em estufa a 105 °C para determinação da umidade residual. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas nas mesmas camadas e trincheiras onde os monólitos foram extraídos, por meio de anéis de aço inox (100 cm³) inseridos verticalmente no solo. Em laboratório, essas amostras foram utilizadas para quantificação da densidade do solo, conforme EMBRAPA (1997). Nos mesmos pontos e camadas, foram coletadas amostras deformadas de solo para determinação do teor de carbono orgânico do solo, por meio do método da combustão seca em analisador elementar de C (Thermo Flash EA 1112).

Os dados foram submetidos à análise da variância (teste F, $p \leq 0,05$), realizada em separado para cada camada avaliada, e com o auxílio do

programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Os valores de RT e FR foram relacionados à densidade e ao teor de carbono orgânico do solo por meio de análise de regressão, realizada por meio do programa Sigmaplot®.

Resultados e discussão

Não houve interação significativa (teste F, $p < 0,05$) entre sistema de manejo e de culturas para as variáveis RT e FR, independentemente da camada amostrada. Conforme a Tabela 1 verifica-se que os valores de RT foram significativamente maiores no SPD, comparativamente ao SPD na camada mais superficial do solo (0,0-0,1 m). Nas demais camadas, não houve efeito significativo do sistema de manejo sobre a RT. Os maiores valores de RT no SPD em relação ao SPC na camada de 0,0-0,1 m podem ser justificados em função da maior densidade do solo e do teor de carbono orgânico no SPD (dados não apresentados). Resultados similares foram obtidos por Bavoso et al. (2010), em estudo conduzido em um Latossolo Bruno argiloso submetido a diferentes sistemas de produção e preparo do solo independentemente da camada avaliada, os sistemas de culturas não influenciaram significativamente a RT, concordando com os dados obtidos por Tormena et al. (2008). Maiores valores de RT indicam maior estabilidade estrutural do solo em resposta à aplicação de forças que tendem a causar ruptura dos agregados e, conseqüentemente, a degradação da qualidade estrutural do solo, como a pressão de rodados de máquinas agrícolas.

De maneira similar ao observado para a RT, não houve efeito significativo da interação sistema de manejo x sistema de culturas sobre a FR dos agregados, independentemente da camada avaliada (Tabela 2). Do mesmo modo, não houve efeito isolado do sistema de culturas sobre a FR, em todas as camadas avaliadas. Por outro lado, a FR foi significativamente maior no SPC do que no SPD na camada de 0,0-0,1 m. Nas camadas de 0,1-0,2 m 0,2-0,3 m, a FR não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo. Embora maiores valores de FR sejam desejáveis para a germinação das sementes, o crescimento das plântulas e o estabelecimento das culturas, uma FR excessivamente alta indica instabilidade estrutural, o que representa

menor capacidade de resistir a forças que tendem a ocasionar a ruptura dos agregados. Tais resultados são coerentes com os obtidos para a RT (Tabela 1).

Na camada de 0,0-0,1 m, a RT aumentou linearmente com o incremento da densidade do solo (Figura 1a) e do teor de carbono orgânico (Figura 1b). Nas demais camadas, a relação RT x densidade do solo e RT x teor de carbono orgânico não foi significativa, provavelmente em função da baixa amplitude de variação dos valores de densidade e do teor de carbono orgânico do solo. Maiores valores de densidade do solo e do carbono orgânico aumentam a coesão entre as partículas e/ou agregados (SÁNCHEZ-GIRÓN, 1996), resultando em maior RT. Por outro lado, a FR diminui com o aumento da densidade do solo (Figura 1c) e do teor de carbono orgânico (Figura 1d), até um determinado valor, equivalente a 1,23 Mg m⁻³ e 1,9%, respectivamente.

Conclusão

O SPD aumenta a resistência tênsil dos agregados, mas diminui a friabilidade dos mesmos, o que indicada maior estabilidade estrutural do solo.

A maior resistência tênsil e menor friabilidade dos agregados no solo SPD é relacionada aos maiores valores de densidade e do teor de carbono orgânico do solo.

Tanto a resistência tênsil quanto a friabilidade não são influenciados pelos sistemas de culturas.

Referências

BAVOSO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 227-234, 2010.

DEXTER, A. R.; WATTS, C. Tensile strength and friability. In: SMITH, K.; MULLINS, C. (Ed.). **Soil and environmental analysis: physical methods**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 405-433.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; GIAROLA, N. F. B.; HARMS, M. G.; MIARA, S.; BAVOSO, M. A.; BRIEDIS, C.; QUADROS NETTO, C. Variação na resistência tênil de agregados em função do conteúdo de carbono em dois solos na região dos Campos Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 437-445, 2011.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FRANCHINI, J. C. COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

GOLDCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; STEWART, B. (Ed.). **Soil process and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v.1, p. 277-294, 1985.

SÁNCHEZ-GIRÓN, V. **Dinâmica y mecânica de suelos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1996. 426 p.

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S.; SILVA, A. P. Quantificação da resistência tênsil e da friabilidade de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 943-952, 2008.

Tabela 1. Valores médios de resistência tênsil dos agregados de um Latossolo Vermelho em sistema plantio direto (SPD) e sistema preparo convencional (SPC), sob diferentes sistemas de culturas (rotação = tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja; sucessão 1 = soja/trigo; e sucessão 2 = soja/milho safrinha + braquiária).

Sistema de culturas	Sistema de manejo		Média
	SPC	SPD	
----- 0,00-0,10 m -----			
Rotação	75 ¹	85	80 a
Sucessão 2	66	99	83 a
Sucessão 1	57	82	70 a
Médias	66 B	89 A	
CV (%) = 24,98			
----- 0,10-0,20 m -----			
Rotação	61	80	71 a
Sucessão 2	75	79	77 a
Sucessão 1	76	95	86 a
Médias	76 A	95 A	
CV (%) = 18,09			
----- 0,20-0,30 m -----			
Rotação	76	61	69 a
Sucessão 2	66	63	65 a
Sucessão 1	76	61	69 a
Médias	18 A	62 A	
CV (%) = 18,21			

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios de friabilidade dos agregados de um Latossolo Vermelho em sistema plantio direto (SPD) e sistema preparo convencional (SPC), sob diferentes sistemas de culturas (rotação = tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja; sucessão 1 = soja/trigo; e sucessão 2 = soja/milho safrinha + braquiária).

Sistema de culturas	Sistema de manejo		Médias
	SPC	SPD	
----- 0,00-0,10 m -----			
Rotação	0,75 ¹	0,50	0,62 a
Sucessão 2	0,50	0,50	0,50 a
Sucessão 1	1,00	0,01	0,50 a
Médias	0,75 A	0,33 B	
CV (%) = 24,98			
----- 0,10-0,20 m -----			
Rotação	0,75	0,75	0,75 a
Sucessão 2	0,75	0,50	0,62 a
Sucessão 1	0,25	0,25	0,25 a
Médias	0,50 A	0,50 A	
CV (%) = 18,09			
----- 0,20-0,30 m -----			
Rotação	0,50	0,50	0,50 a
Sucessão 2	0,25	0,01	0,12 a
Sucessão 1	0,25	0,25	0,25 a
Médias	0,33 A	0,25 A	
CV (%) = 18,21			

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

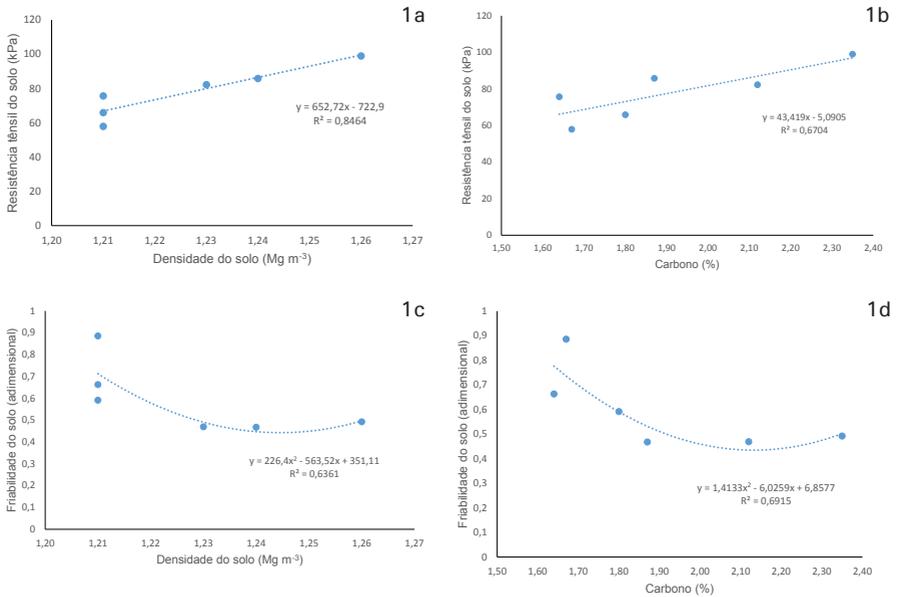


Figura 1. Relação da resistência tênsil (1a e 1b) e da friabilidade (1c e 1d) de agregados de um Latossolo Vermelho provenientes da camada de 0,0-0,1 m, com a densidade e o teor de carbono orgânico do solo.