

Resistência tênsil de agregados de um Latossolo Vermelho sob cafeeiros na Cuesta do Centro-Oeste Paulista

João Pedro de Lima¹; Reginaldo Barboza da Silva¹; Ariel Moraes Silveira¹

(¹) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus Experimental de Registro. E-mail: joaolima.sm@gmail.com.

RESUMO: A utilização de maquinários de grande porte em lavoura de café fazem com que a trafegabilidade e trabalhabilidade dos solos sejam intensas, assim, a relação tensão-deformação desses solos precisa ser melhor investigada. A quantificação da resistência mecânica necessária para romper a estrutura dos agregados do solo e a sua energia podem auxiliar na determinação da qualidade física-estrutural do solo. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto na resistência tênsil (RT) de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), sob cultivo de cafeeiros na Cuesta do Centro-Oeste Paulista. A pesquisa foi conduzida em unidade de produção cafeeira de 2 ha, instalada há 16 anos, no município de Pratânia, SP. As plantas são da espécie *Coffea robusta*, cultivar Icatú Vermelho. Desde 2012 todas as práticas de manejo requeridas pela cultura são mecanizadas. Os efeitos da trafegabilidade foram avaliados em dois locais: Linha de Tráfego (LT) e Linha de Plantio (LP). A RT foi quantificada em duas camadas de solo: superficial (0,0-0,20 m) e subsuperficial (0,20-0,40 m). Atributos físicos que descrevem a relação de massa e volume dos constituintes do solo, assim como, índices de estabilidade de agregados e de cone foram quantificados. Foi possível concluir que: a) a trafegabilidade promove alterações na resistência tênsil de agregados e estrutura do LVd; b) o impacto da trafegabilidade sobre os atributos investigados é maior na linha de tráfego, quando comparado à linha de cultivo e c) a quantificação da RT do LVd pode auxiliar na avaliação da qualidade física-estrutural do LVd.

Termos de indexação: *Coffea robusta*, mecanização, compactação.

INTRODUÇÃO

No cenário mundial a cafeicultura brasileira encontra-se em posição de destaque, sendo o maior produtor e exportador, com produção correspondente a cerca de um terço do café produzido no mundo. Todavia, países como Vietnã e Colômbia tem apresentado grande ascendência nos últimos anos e conquistando espaço no mercado internacional. Problemáticas socioeconômicas envolvendo a competitividade faz com que o setor cafeeiro do Brasil busque alternativas que aperfeiçoem e maximizem a rentabilidade da produção (THEODORO et al., 2003). Em resposta a essa demanda, houve uma grande evolução tecnológica no setor, sendo que hoje grande parte

dos produtores utilizam a mecanização em todas as etapas de produção, desde o plantio até a colheita (SILVA et al., 2008).

A utilização de maquinários de grande porte fazem com que a trafegabilidade e trabalhabilidade dos solos sejam intensas, assim, a relação tensão-deformação desses solos precisa ser melhor investigada.

Para a avaliação da qualidade estrutural desses solos, rotineiramente, muitos autores têm empregado atributos dependentes da relação massa e volume dos constituintes do solo e da dinâmica hídrica. Contudo, a quantificação da resistência mecânica necessária para romper a estrutura dos agregados do solo e a sua energia podem auxiliar na determinação da qualidade física-estrutural do solo.

Obur et al. (2017) expuseram tendências futuras em atributos que combinem procedimentos quantitativos na avaliação da trabalhabilidade e friabilidade, indicando particularmente, a quantificação da resistência tênsil e a energia de ruptura dos agregados do do solo.

A RT dos agregados é definida como o estresse ou a força por unidade de área necessária para causar a ruptura dos agregados (DEXTER & WATTS, 2000). Dexter & Kroesbergen (1985), concluíram que a RT é possivelmente a mais benévola medida de resistência individual dos agregados do solo. A RT é influenciada por muitos fatores, como teor de argila (IMHOFF et al., 2002), teor de argila dispersa e carbono orgânico (TORMELA et al., 2008) Em razão disso, a RT dos agregados é uma medida sensível aos efeitos de sistemas de uso e manejo na estrutura do solo.

O projeto de pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto na RT de agregados de um LVd, sob cultivo de cafeeiros na Cuesta do Centro-Oeste Paulista.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em áreas de produção cafeeira em Pratânia, SP (22°48'30" S, 48°39'58" W, 685 m). O solo da área experimental, de acordo com Oliveira et. al (1999) é um LVd (**Figura 1**). O clima é classificado como Cfb (Köppen), com duas estações bem definidas: estação seca, de abril a setembro, que apresenta temperatura média de 18,5°C e precipitação de 48,8 mm e estação chuvosa, de outubro a março, com temperatura média anual de 22,3°C e precipitação de 1100 mm de chuva. Posteriormente, a pesquisa foi conduzida com

ensaios no LAFMeC (Laboratório de Física, Mecânica e Conservação do Solo) da Unesp de Registro. A caracterização física do solo é apresentada na Tabela 1, resultando em uma textura arenosa franca.

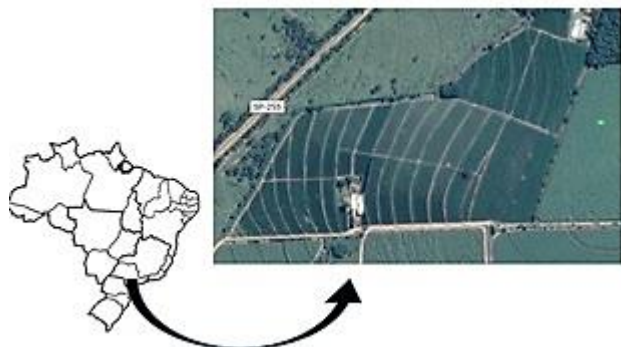


Figura 1. Localização da área experimental com unidades cafeeiras no município de Pratânia-SP.

Tabela 1. Distribuição granulométrica (argila, silte, areia e fracionamento da areia) e suas respectivas camadas em unidades cafeeiras no município de Pratânia-SP.

Atributos do solo ($g\ Kg^{-1}$)	Superfície (0,0-0,20m)	Subsuperfície (0,20-0,40m)
Argila	115	90
Silte	68	66
Areia	817	844
Areia muito grossa	0,14	0,12
Areia grossa	5,17	4,75
Areia média	34,48	34,27
Areia fina	49,86	51,41
Areia muito fina	10,36	9,44

Para a condução do experimento foi utilizada uma lavoura de 2 ha instalada em 2002. As plantas de cafeeiro são da espécie *Coffea robusta*, cultivar Icatú Vermelho, em um espaçamento de 0,75x2,75m, com uma população de 2000 plantas por ha. A área possui plantio em nível e terraceamento. Desde 2012 todas as práticas de manejo requeridas pela cultura são mecanizadas.

O experimento foi conduzido com delineamento de blocos ao acaso com arranjo em parcelas subdivididas.

No contexto da trafegabilidade e trabalhabilidade do solo causada pelos rodados agrícolas foram avaliadas duas regiões: a) *Linha do Tráfego (LT)*: região sob a saia do cafeeiro, onde não há o efeito extrínseco dos rodados; e b) *Linha do Plantio (LP)*: região marginal das entrelinhas do cafeeiro, onde recebe o impacto dos rodados agrícolas.

A prospecção dos atributos do solo foi feita em duas camadas do solo, a partir do perfil de penetrometria da área (Figura 1), que foi obtido com um medidor eletrônico de compactação do solo de esforço manual, denominado PenetroLOG. A prospecção foi feita até a profundidade de 0,4 m

(ASAE s. 313.3), assim determinou-se duas camadas para investigação: superficial (0,0-0,20 m), e subsuperficial (0,20-0,40 m). A avaliação tanto em superfície, quanto em profundidade permitiu verificar o impacto (negativo e, ou positivo) sobre a estrutura do solo que governa desde a infiltração de água no solo à distribuição e, ou alívio das tensões provocadas pelos rodados ou órgãos ativos dos implementos agrícolas.

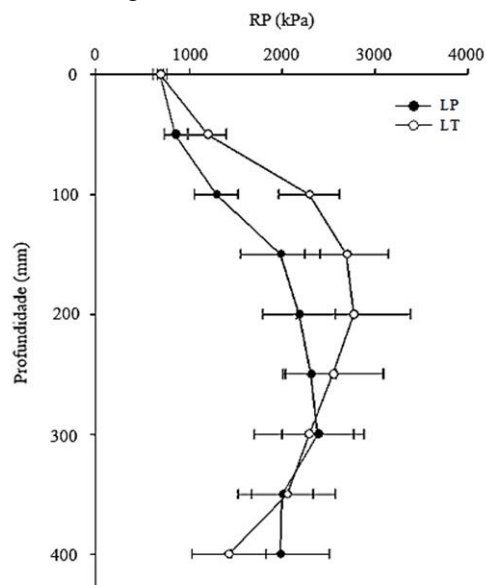


Figura 2. Perfis de penetrometria na Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT) em LVd sob cafeeiros na Cuesta do Centro-Oeste Paulista. A barra de erros representa o erro-padrão da média.

Para a coleta das amostras indeformadas, isto é, não perturbadas foram confeccionadas mini trincheiras, cujas dimensões do corpo-de-prova foram de 5,06cm de altura, 2,51cm de raio e 100,15cm³ de volume.

A análise granulométrica (**Tabela 1**) foi determinada pelo método da pipeta (DAY, 1965), caracterizando-se com uma textura arenosa franca.

A estabilidade de agregados foi determinada por peneiramento em água, sendo determinados o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, segundo proposições de Castro Filho et al. (1998) e Schaller & Stockinger (1953), respectivamente. A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método do anel volumétrico de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). O volume total de poros (VTP), bem como a macroporosidade (Ma) e a microporosidade (Mi) foram determinadas, conforme os procedimentos da EMBRAPA (1997).

Foi determinado o índice de cone (IC) em duas umidades: próximo a faixa friável (U 15%) e tenaz (U 5%), simulando as duas estações mais extremas encontradas no município. O IC foi determinado com o penetrômetro estático de bancada, modelo MA-933 da Marconi.

A RT será calculada conforme a equação descrita por Dexter & Kroesbergen (1985) e o diâmetro efetivo

(D), para cada classe de agregado, será calculado conforme Watts & Dexter (1998). A medida da RT dos agregados de solo será representada em $N\text{ cm}^{-2}$.

A sistematização dos dados foi feita por planilhas eletrônicas desenvolvidas especificamente para o estudo, as quais foram compatíveis com softwares e sistemas operacionais existentes no mercado. Os dados relativos a caracterização físico-hídrica foram avaliados por meio de análise estatística descritiva, sendo calculados a média e o coeficiente de variação. A construção de gráficos e diagramas foram obtidos por meio da versão demonstrativa do aplicativo Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante ao apresentado na **Figura 2**, a região prospectada na LT de máquinas apresentou significância quanto a D_s em relação as profundidades investigadas, mostrando uma maior compactação adicional em superfície em relação a subsuperfície, em decorrência ao tráfego de máquinas agrícolas na umidade inadequada (SILVA et al., 2003). Já quando compara-se as diferentes situações de trafegabilidade e trabalhabilidade, LP e LT, verifica-se que não houve diferenças significativas. Todavia, os valores encontrados tanto para a região de prospecção e a profundidade estão abaixo do estimado crítico ($> 1,70\text{ g cm}^{-3}$) para o desenvolvimento do sistema radicular em um Latossolo arenoso-franco (REICHERT et al., 2003).

Ainda averiguando os atributos relacionados a massa e volume dos constituintes do solo (**Figura 2**), verifica-se que a região de amostragem e a profundidade não impactaram, estatisticamente, na porosidade do solo. Theodoro et al. (2003), encontraram resultados que corroboram com os resultados aqui apresentados, onde não foram encontradas diferenças significativas nos atributos VTP, Ma e Mi em função do manejo de cafeeiros.

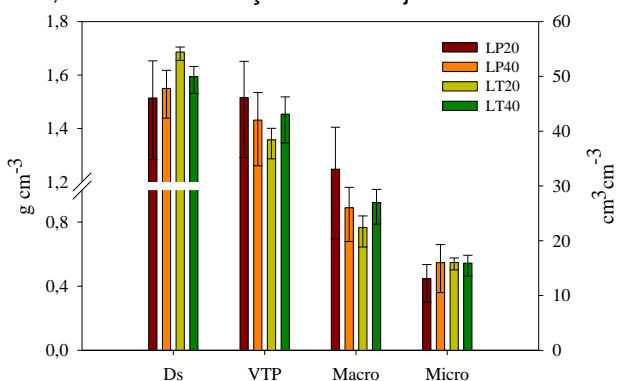


Figura 3. Atributos que correlacionam massa e volume dos constituintes do solo em duas condições: Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT), e duas profundidades. A barra de erros representa o erro-padrão da média.

Os resultados expressos na **Figura 4** despontam quanto a estabilidade dos agregados do solo. Observa-se que o DMG os resultados obtidos foram

semelhantes, tanto para o local de amostragem quanto para a profundidade. Já para o DMP, o local de amostragem também não foram significativos, entretanto, as profundidades influenciaram nos dois locais de amostragem (LP e LT). Esses resultados estão relacionados ao teor de matéria orgânica maior na camada superficial do solo (0,0 – 0,2m). Em estudos, Alcântara (1997), encontrou resultados semelhantes quanto a estabilidade de agregados.

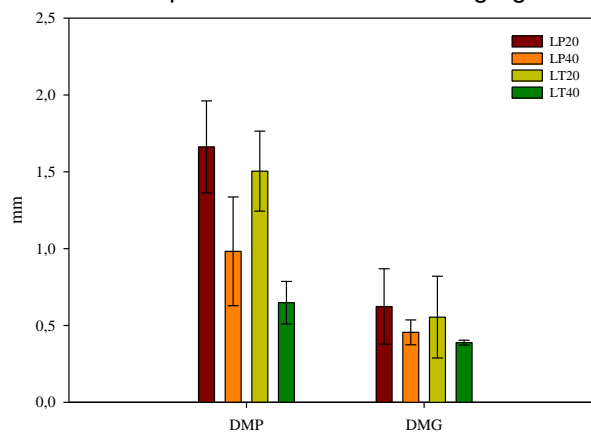


Figura 4. Atributos correlacionados com a estabilidade de agregados do solo em duas condições: Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT), e duas profundidades. A barra de erros representa o erro-padrão da média.

Na **Figura 5**, nota-se que o índice de cone com umidade de 15% foi significativo quanto ao local de amostragem e profundidade somente para a LT, expressando que a trafegabilidade não respeitando a capacidade de suporte desse solo causa degradação na estrutura funcional desse solo e, por conseguinte, causando restrição no desenvolvimento radicular do cafeeiro (SILVA et al., 2003). Para o índice de cone com umidade de 5% observa-se que tanto os locais de amostragem quanto as profundidades foram significativas, confirmando a maior degradação do solo com maior trafegabilidade. Magalhães et al. (2004), avaliando as mesmas regiões amostram, concluíram que o impacto provocado pela pressão dos rodados na LT causou maior IC comparativamente com a LP e ao centro da rua do cafeeiro.

Ainda na **Figura 5**, é possível analisar os valores encontrados para a RT de agregados, para as duas umidades utilizadas nos ensaios (4 e 16%), não houve diferença significativa quanto ao local de amostragem e as profundidades. Corroborando com os resultados encontrados, Diony et al. (2014), também não encontraram resultados significativos utilizando a RT para avaliar o efeito de gramíneas na qualidade física do solo.

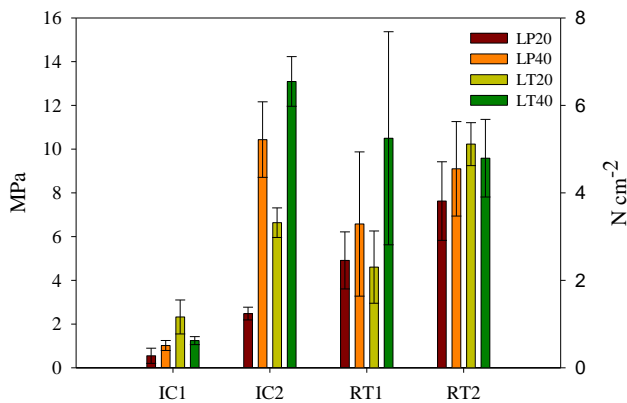


Figura 5. Índice de cone em duas umidades: IC1 (U 15%) e IC2 (U 5%) e resistência tênsil em duas umidade: RT1 (U 4%) e RT2 (16%) em duas condições: Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT), e duas profundidades. A barra de erros representa o erro-padrão da média

CONCLUSÕES

A trafegabilidade demandada em cultivos de cafeeiros promove alterações na resistência tensil de agregados e estrutura do LVd.

O impacto da trafegabilidade sobre os atributos investigados é maior na linha de tráfego, quando comparado à linha de cultivo.

A quantificação da RT do LVd pode auxiliar na avaliação da qualidade física-estrutural desse solo em unidades cafezeiras da Cuesta do Centro-Oeste Paulista.

REFERÊNCIA

ALCÂNTARA, E.N. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo distrófico. Universidade Federal de Lavras – MG (Tese de Doutorado), 1997.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. Saint Joseph, 2000. 833 p.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*: Londrina. p. 22:527-538. 1998.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. Part I. p. 545-567. (Agronomy Monograph, 9).

DEXTER, A.R. & KROESBERGEN, B. Methodology for Determination Of Tensile Strength Of Soil Aggregates. *J. Agric. Eng. Res.* 1985. p. 31:139-147.

DEXTER, A.R. & WATTS, C. Tensile Strength and Friability. In: SMITH, K. & MULLINS, C., eds. *Soil and*

environmental analysis: Physical methods. 2 ed. New York, Marcelo Dekker. 2000. p. 401-430.

DIONY, A.R.; LIMA, C.L.R.; PAULETTO, E.A. Resistência tênsil de agregados e compressibilidade de um solo construído com plantas de cobertura em área de mineralização de carvão em Candiota, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.8, n.2, 2014, p.669-678. Viçosa, Brasil.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & DEXTER, A.R. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* p. 66:1656-1661, 2002.

MAGALHÃES, R.P.; MOLIN, J.P.; FAULIN, G.D.C. Estudo da espacialidade do índice de cone em função do local de amostrado em uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.). In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – Piracicaba, SP – ESALQ USP (ConBAP), 2004.

OBOUR, B. et al. Predicting Soil Workability And Fragmentation In Tillage: A Review. *British Society of Soil Science: London*. v. 33, p. 288–298, 2017.

OLIVEIRA, J.B. et al. 1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. EMBRAPA-Solos, Rio de Janeiro e IAC, Campinas.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ci. Amb.*, 27:29-48, 2003.

SCHALLER, F. W., & K. R. STOCKINGER. 1953. A comparison of five methods for expressing aggregation data. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 17:310-313.

SILVA, F.M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev., 2008

SILVA, R. B.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SILVA, F. A. M. & FOLE, S. M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:973-983, 2003.

THEODORO, V.C.A., et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:1039-1047, 2003.

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J.; SILVIA IMHOFF, S.; SILVA, A.P. Quantificação Da Resistência Tênsil E Da Friabilidade De Um Latossolo Vermelho Distroférico Sob Plantio Direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo: Campo Mourão*. p. 32:943-952, 2008.

WATTS, C.W.; DEXTER A.R. Soil Friability: Theory, Measurement And The Effects Of Management And Organic Carbon Content. *European Journal Of Soil Science*. v. 49, n. 1, p. 73–84, 1998.