



## Trafegabilidade e o impacto sobre os atributos físico-hídricos de um Latossolo sob cafezais, na Cuesta do Centro-Oeste Paulista

**João Pedro de Lima<sup>1</sup>; Reginaldo Barboza da Silva<sup>1</sup>; Ariel Moraes Silveira<sup>1</sup>**

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

**RESUMO:** A intensificação da trafegabilidade nos solos cultivados com cafeeiro busca a maximização da produtividade e rentabilidade econômica, porém propicia impactos sobre a estrutura dos solos, causando degradação. Assim, este trabalho teve como objetivo investigar os efeitos sobre alguns atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho, decorrente da trafegabilidade demandada no cultivo de cafeeiros. Os estudos foram conduzidos em unidade de produção cafeeira de 2 ha instalada no ano de 2002 no município de Pratânia, SP. As plantas de cafeeiro são da espécie *Coffea Robusta*, cultivar Icatú Vermelho. A partir de 2012 todas as práticas de manejo requeridas pela cultura são mecanizadas. As avaliações físico-mecânicas que correlacionam massa e volume, estabilidade de agregado, índice de cone e condutividade hidráulica do Latossolo foram feitas nas camadas solo foram superficial (0,0-0,20 m) e subsuperficial (0,20-0,40 m) em dois locais da lavoura: Linha do Tráfego (LT) e Linha do Plantio (LP). Os atributos relativos a massa e volume dos constituintes do solo pouco variaram, não demonstrando-se como indicadores sensíveis de qualidade do solo. Por outro lado, o índice de cone e a infiltração de água no solo revelaram os impactos negativos do tráfego de máquinas em momentos inadequados. As trafegabilidades em condições de umidade inadequadas causou impactos negativos à estrutura funcional do LVd sob cafeeiros. O índice de cone e a infiltração de água no solo demonstra-se ferramentas sensíveis para a averiguação da qualidade estrutural do solo.

**Termos de indexação:** cafeeicultura, mecanização, compactação.

### INTRODUÇÃO

O emprego da mecanização na cafeeicultura brasileira surge como uma alternativa que oportuniza a otimização e maximização da produtividade e redução no custo de produção (THEODORO et al., 2003), assegurando ao Brasil posição privilegiada no mercado internacional no setor como maior produtor e exportador de café.

Com a intensificação da trafegabilidade e trabalhabilidade dos solos em função do uso inadequado de máquinas agrícolas de grande porte propicia impactos sobre a estrutura funcional dos solos, ou seja, causa degradação e depauperamento dos atributos relacionados à relação de massa e volume dos constituintes do solo solo, que invariavelmente, conduz a compactação, processo este que interfere diretamente na suscetibilidade à erosão, na indisponibilidade de água e, por conseguinte, na produtividade desta cultura e sustentabilidade ambiental destas áreas.

A compactação do solo é uma problemática antiga enfrentada por produtores e pesquisadores da área e intensificou-se com a ascensão do emprego de maquinários de grande portes nas lavouras (REICHERT et al., 2007). Ela ocorre quando há a aplicação de energia mecânica, resultando na redução no volume de vazios, ou seja, há redução na porosidade, principalmente na macroporosidade, fissuras e canais, em razão ao rearranjo das partículas sólidas e agregados, onde ocorre o deslocamento de ar presente nos poros (MÜLLER et al., 2001).

No âmbito da produção agropecuária, os indicadores que se relacionam com a dinâmica hídrica dos solos são privilegiados, já que os processos hidrológicos, tais como a taxa de infiltração, o escoamento superficial, a drenagem e a erosão, além do suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (GOMES, 2006), são fundamentais para a sustentabilidade do sistema solo e desenvolvimento das plantas.

A permeabilidade do solo demonstra ser uma propriedade valiosa para a averiguação da capacidade do deslocamento da água no solo (MESQUITA & MORAES, 2004). Entre os fatores que influenciam a infiltração da água no solo, destaca-se a condutividade hidráulica do solo (K), que expressa a facilidade com que o solo tem em drenar a água. O valor máximo de condutividade hidráulica é alcançado quando o solo está saturado, e é chamado de condutividade hidráulica saturada (Ksat) (REICHARDT, 1990). Essa propriedade do solo é afetada por características intrínsecas do solo, como textura, profundidade do perfil, densidade, complexo



de poros e estrutura, e também extrínsecas como o pisoteio de animais, o tráfego de máquinas e as práticas de manejo empregadas. Portanto, se demonstra um importante indicador de qualidade que pode auxiliar numa melhor compreensão funcional do solo.

Para a determinação permeabilidade existem vários equipamentos e métodos. O permeômetro de laboratório é aplicado para estabelecer a permeabilidade horizontal e vertical de camadas de solo separadas, permitindo uma caracterização da infiltração da água em todo o perfil do solo. Ele opera com base na diferença de nível de água, gerando uma diferença na pressão da água em ambas extremidades de uma amostra de solo saturado e averigua o fluxo de água resultante determinando, assim, a permeabilidade.

Assim, foi objetivo deste trabalho avaliar o impacto da tráfegabilidade sobre alguns atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho distroférico (LVd), cultivado com 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. Os ensaios físico-mecânicos foram conduzidos no LaFMeC (Laboratório de Física, Mecânica e Conservação do Solo) da Unesp de Registro. A distribuição granulométrica do solo está apresentada na Tabela 1, conferindo ao LVd, uma textura arenosa franca.



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

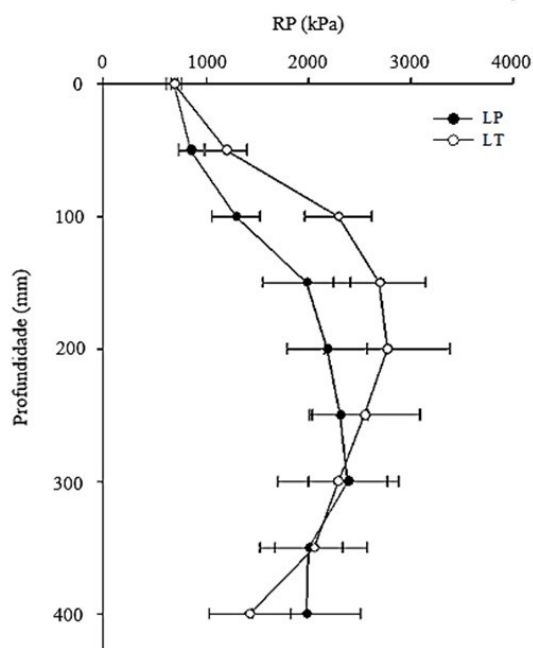
**Tabela 1.** Distribuição granulométrica e fracionamento da areia das respectivas camadas de solo de uma unidades cafeeira do município de Pratânia-SP.

Atributos do solo (g Kg <sup>-1</sup> )	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 há, instalada a partir de 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.

No contexto da tráfegabilidade 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, definidas em função 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 previamente a espessura da camada a ser investigada, assim como, o impacto sobre a estrutura do solo, uma vez que esta, governa desde a infiltração de água no solo à distribuição, aspectos considerados na investigação deste trabalho.



**Figura 2.** Perfis de penetrometria em duas condições: Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT). 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 100,15cm<sup>3</sup> de volume.

A análise granulométrica do solo (**Tabela 1**) foi determinada pelo método da pipeta (DAY, 1965). 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 (Ds) 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, também, conforme os procedimentos da EMBRAPA (1997).

Buscando prospectar em subsuperfície a camada de maior resistência mecânica, foi determinado o índice de cone (IC) em duas de amostras indeformadas sob dois graus de consistência: próximo a faixa friável (15%) e tenaz (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 condutividade hidráulica foi determinada com o permeâmetro de laboratório da Operating Instructions Ltda., utilizando-se do método da carga constante (Equação 1):  $K = (V L) / (A t h)$  (Eq. 1);

onde: K: condutividade hidráulica (mm/h); V: volume de água percolado (mm); L: comprimento do corpo-de-prova (cm); A: superfície de sucção (cm<sup>2</sup>); t: tempo (horas); h: diferença de nível (cm).

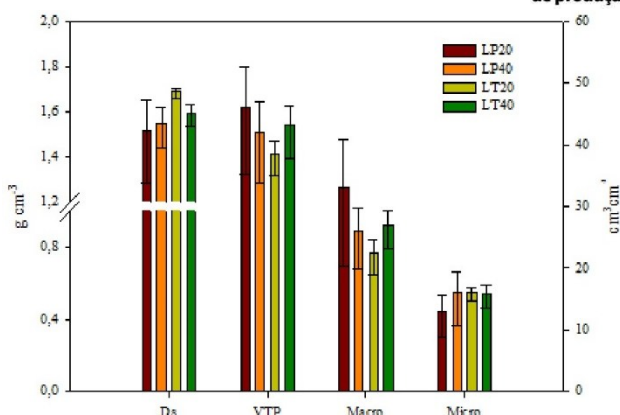
O arranjo experimental constou, portanto, dos seguintes fatores e seus respectivos níveis: local de amostragem (LP e LT) e camadas de solo (0 a 0,20m e 0,20 a 0,40m), resultando em quatro tratamentos (LP20, LP40, LT20 e LT40). A sistematização dos dados foi feita por planilhas eletrônicas desenvolvidas especificamente para o estudo, as quais são 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, coeficiente de variação, desvio e erro padrão. 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

De acordo com a **Figura 2**, em LT foi observado aumento significativo nos valores de Ds em ambas profundidades investigadas. O tráfego de máquinas agrícolas em condições de umidade inadequada, conforme observado por SILVA et al. (2003), foi maior em superfície, quando comparado com os valores obtidos na subsuperfície.

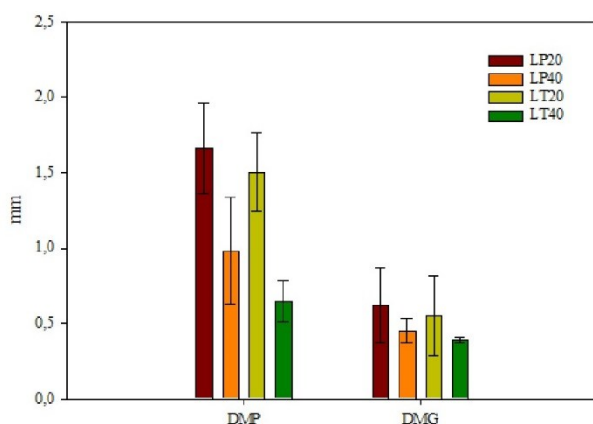
Já quando compara-se as diferentes situações de trafegabilidade e trabalhabilidade, LP e LT, verifica-se que não houve diferenças significativas. Todavia, os valores encontrados tanto para a região de prospecção e a profundidade estão abaixo do estimado crítico ( $> 1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ) para o desenvolvimento 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 relativos a massa e volume dos constituintes do solo: 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 foi significativo, 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.

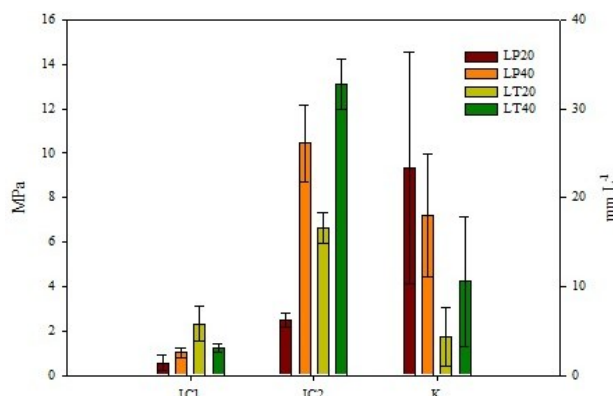


**Figura 4.** Atributos correlacionados com a estabilidade de agregados do solo em duas condições: Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT), e duas profundidades. A barra de erros representa o erro-padrão da média.

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.

A condutividade hidráulica do solo (K) também se demonstrou significativa mediante aos tratamentos empregados, averiguando que a maior IC na camada superficial interferiu na infiltração de água do solo, onde na LT foi menor estatisticamente do que LP, confirmando o impacto negativo causado pela trafegabilidade na estrutura do solo. Em investigações de manejo e uso solo em Minas Gerais, Bertolani et al (2001), apresentaram resultados semelhantes de infiltração de água no solo para o cultivo do cafeeiro.



**Figura 5.** Índice de cone em duas umidades: IC1 (U 15%) e IC2 (U 5%) e Fator de condutividade hidráulica do solo (K) em duas condições: Linha do Plantio (LP) e Linha do Tráfego (LT), e duas profundidades. A barra de erros estabelece o erro-padrão da média.

## CONCLUSÕES

O tráfego de máquinas em condições de umidade inadequadas causa impactos negativos na estrutura funcional de um LVd sob cafeeiros.

O índice de cone e a infiltração de água no solo demonstra-se ferramentas sensíveis para a averiguação da qualidade estrutural do solo. Além de serem correlacionadas.

## REFERÊNCIAS

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.



- BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do Horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 25, núm. 4, 2001, pp. 987-995 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Viçosa, Brasil.
- 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).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. EMBRAPA, Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006.
- MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.3, p.963-969, mai-jun, 2004.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:531-53, 2001.
- OLIVEIRA, J.B. et al. 1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. EMBRAPA-Solos, Rio de Janeiro e IAC, Campinas.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1990. 188p.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ci. Amb.*, 27:29-48, 2003.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, A. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: quantificação, efeitos, limites críticos e mitigação. *Tópicos em Ciência do Solo*, 5:49-134, 2007.
- 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, 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.