



Avaliação da compactação do solo por meio da capacidade de suporte de carga em área cafeeira

Fábio Henrique Barbosa Sandoval⁽¹⁾; Elizeu de Souza Lima^(1*); Zigomar Menezes de Souza⁽¹⁾; Lenon Henrique Lovera⁽¹⁾; Diego Alexander Aguilera Esteban⁽²⁾; Ingrid Nehmi de Oliveira⁽¹⁾

- (1) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil, 13083-875. (*apresentador, elizeu.florestal@gmail.com).
(2) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSSAVIA), Bogotá, Colombia, 250040.

RESUMO: Os sistemas de manejo mecanizado utilizados em áreas cafeeiras aumentam a intensidade do tráfego e a carga aplicada no eixo dos tratores e colheitadeiras que afetam a estrutura do solo. Alguns índices de qualidade do solo têm sido aplicados para avaliar o tempo exato de realização de operações mecanizadas utilizando tais máquinas em campo, incluindo a análise de atributos físicos do solo, índices de compressão e pressão de preconsolidação. O objetivo desse estudo foi avaliar a compactação do solo por meio da capacidade de suporte de carga em área cultivada com café sob diferentes épocas de implantação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado onde três áreas foram avaliadas (3, 16 e 32 anos) na linha do rodado nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m com três repetições. As avaliações foram resistência do solo à penetração e capacidade de suporte de carga do solo. Os resultados revelaram os seguintes aspectos: o tempo de implantação das áreas cultivadas com café foi um fator determinante para reduzir a degradação da estrutura do solo; a área com 32 anos de cultivo foi a mais resiliente e apresentou a melhor qualidade física do solo.

Termos de indexação: Tráfego de máquinas, pressão de preconsolidação, atributos do solo.

INTRODUÇÃO

Os diferentes sistemas de manejo utilizados na cafeicultura, principalmente os mecanizados, estão associados ao aumento na intensidade de tráfego e da carga aplicada sobre o eixo dos tratores, colhedoras e implementos agrícolas (CERDA et al., 2017). Toda esta movimentação de máquinas afeta a estrutura e a agregação do solo, que são atributos que condicionam à porosidade do solo, densidade do solo, permeabilidade, capacidade de retenção e movimentação de água e a compactação do solo,

principalmente em solos argilosos (SANTOS et al., 2017).

Nestas áreas, a compactação tem sido identificada como um dos principais processos causadores de degradação da estrutura do solo, comprometendo sua qualidade física e dificultando a manutenção ou obtenção de maiores produtividades (MOTA et al., 2018).

O efeito da compactação é mais efetivo na linha de tráfego de máquinas, devido à pressão aplicada pelos rodados, pois na maioria das vezes ultrapassa a capacidade do solo de resistir às pressões exercidas pelo maquinário, chamada de capacidade de suporte de carga, gerando deformações plásticas na estrutura do solo (MAZURANA et al., 2017).

Conhecer a capacidade do solo de resistir a estas forças compressivas do tráfego de máquinas é de fundamental importância para a sustentabilidade dos sistemas de produção, uma vez que, o uso da mecanização como ferramenta de produção é inevitável e crescente, pois permite maior eficiência nas operações e proporciona a viabilidade das lavouras cafeeiras (FIDALSKI et al., 2015).

Assim, a avaliação da compressibilidade do solo e da sua capacidade de suporte de carga sob diferentes condições de umidade e diversos sistemas de manejo é de grande importância não só para determinar as pressões máximas que o solo pode suportar nessas condições, mas também para minimizar os riscos à compactação em solos cultivados com café. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a compactação do solo por meio da capacidade de suporte de carga em área cultivada com café sob diferentes épocas de implantação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em áreas experimentais no município de Muzambinho-MG, que localizada geograficamente sob as coordenadas de



21°29'19,7" de latitude sul, 46°30'02,27" de longitude oeste, em uma altitude de 1.026 m.

O clima da região é o mesotérmico, com inverno seco (Cwa), segundo a classificação de Köppen, com temperaturas no mês mais quente superiores a 22 °C, enquanto que no mês mais frio são inferiores a 18 °C. A precipitação média anual de 1.408 mm, com chuvas mais concentradas no período de novembro a março (INMET, 2018). A área é de topografia plana e o solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) onde foram consideradas três áreas de café com diferentes épocas de implantação nas parcelas principais: Área 1 (3 anos); Área 2 (16 anos) e área 3 (32 anos).

A resistência do solo à penetração (RP) foi determinada com o uso de penetrômetro de impacto (STOLF et al., 2014). Em cada parcela realizaram-se cinco determinações da RP.

As avaliações da capacidade de suporte de carga do solo (CSCS) em cada uma das áreas foram realizadas por meio de amostragens de solo indeformada, utilizando o amostrador de Uhland e cilindros volumétricos de 0,060 m de diâmetro por 0,025 m de altura, com cinco repetições em cada área, coletados na linha de rodado e em três camadas: 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, todos com três repetições.

Para a determinação da CSCS, os corpos de prova foram saturados e, posteriormente tiveram as umidades equilibradas em laboratório à temperatura ambiente em quatro grupos de umidade (0,05, 0,15, 0,28 e 0,40 kg kg⁻¹), conforme sugerido por Silva et al. (2010).

Os ensaios de compressão uniaxial foram realizados em consolidômetro automático acoplado ao software CA LINKER no qual os valores de pressão e deformação são devidamente tratados e plotados em um gráfico, obtendo-se a curva de compressão do solo que expressa a densidade do solo em função do logaritmo das pressões aplicadas (SILVA et al., 2007).

Os dados experimentais foram ajustados à equação: $\sigma_p = 10^{(a + b \times U)}$ (DIAS JÚNIOR, 2003), em que σ_p é a pressão de preconsolidação do solo (KPa), a e b são coeficientes linear e angular, respectivamente, da equação e, U é a umidade gravimétrica do solo (kg kg⁻¹).

Os modelos obtidos para σ_p , após linearizados (transformação logarítmica), foram comparados com base ao teste F de homogeneidade de dados de Snedecor e Cochran (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que nas três áreas avaliadas, a resistência do solo à penetração (RP) foi elevada em todo o perfil de solo avaliado. Porém, verifica que a área com 32 anos apresentou a menor resistência do solo à penetração até a profundidade de 0,30 m. A menor RP em uma área com maior tempo de manejo está relacionada a uma minimização que ocorre naturalmente com o passar dos anos devido ao acúmulo de material orgânico no solo.

Para o limite crítico do crescimento radicular do café, Sene et al. (1985) registram que valores acima de 6,0 são críticos em solos arenosos e de 2,5 MPa para argilosos. Por outro lado, Souza et al (2017) sugerem que o limite crítico seja quando este apresentar RP maior que 4,0 MPa para solos argilosos. No entanto, a RP limitante ao crescimento radicular para maioria das culturas, é de 2,0 MPa. De qualquer forma, os solos das áreas em estudo foram classificados como argilosos apresentando valores de RP acima de 2,0 MPa em todo o perfil analisado (Figura 1).

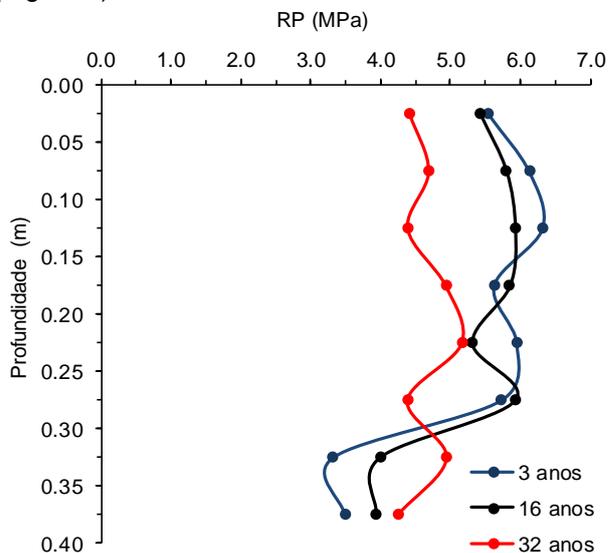


Figura 1 - Resistência do solo à penetração na linha do rodado em área cafeeira com diferentes épocas de implantação (3, 16 e 32 anos).

O solo na linha do rodado (LR) apresentou a maior pressão de preconsolidação (σ_p) em ambas as camadas para a área de cultivo de 32 anos e baixa umidade do solo (Figuras 2 e 3). No entanto, apresentou também a menor pressão de preconsolidação a 33% de umidade (181 e 209 kPa) para as camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Segundo Silva et al. (2017), as culturas perenes



melhoram a qualidade física e hídrica do solo ao longo do tempo devido à ação direta das raízes na estruturação do solo, que ocorre devido a uma ação agregadora mais longa em relação às plantas anuais e à presença de uma raiz mais densa com maior contato com as partículas do solo.

A capacidade de suporte de carga na camada de 0,20-0,40 m na capacidade de campo foi de 219, 157 e 226 kPa para as áreas de 3, 16 e 32 anos respectivamente, havendo pouca diferença nos valores de σ_p entre as áreas de 3 e 32 anos (Figura 4).

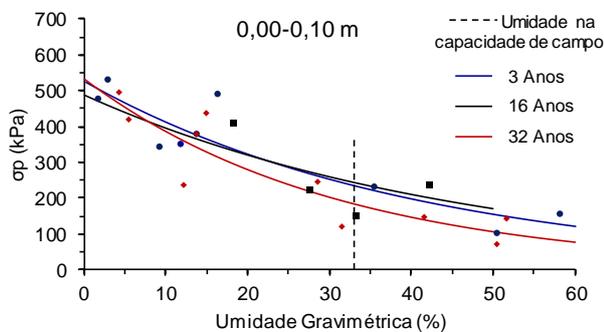


Figura 2 - Modelo de capacidade de suporte de carga do solo em função do teor de água com diferentes épocas de implantação para a camada de 0,00-0,10 m.

Por outro lado, a área com 3 anos é a que apresenta maior pressão de consolidação (σ_p), possivelmente pelo maior preparo e desestruturação mais recente, com isto, menor proteção da matéria orgânica depositada sobre o solo (Figuras 2, 3 e 4).

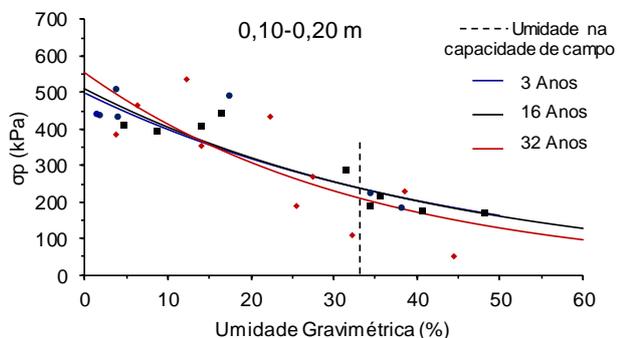


Figura 3 - Modelo de capacidade de suporte de carga do solo em função teor de água com diferentes épocas de implantação para a camada de 0,10-0,20 m.

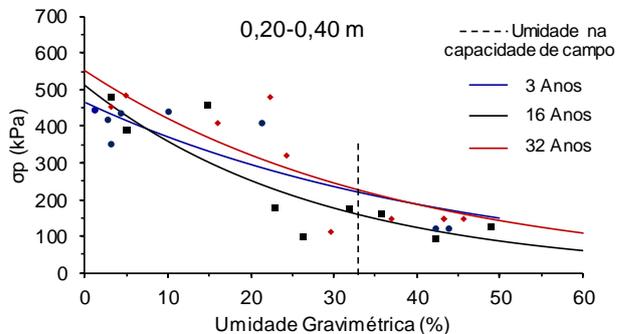


Figura 4 - Modelo de capacidade de suporte de carga do solo em função do teor de água com diferentes épocas de implantação para a camada de 0,20-0,40 m.

O solo na LR promoveu redução nos valores absolutos de σ_p com aumento da camada de amostragem (Figuras 2, 3 e 4). Esses resultados refletem o efeito da maior compactação do solo na linha do rodado de 4,17 MPa, na área com 32 anos de manejo, causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, principalmente durante a colheita do café.

Contudo, o ideal é observar quando o solo está com a umidade menor que 33% para trafegar com máquinas e implementos, pois nessa umidade, o solo pode suportar tal pressão, sem que ocorra prejuízo à sua estrutura e principalmente ao desenvolvimento das plantas (Figuras 2, 3 e 4). Para Iori et al. (2014), não tende a ocorrer compactação do solo se a capacidade de suporte de carga for respeitada, bem como a sua umidade crítica, especialmente durante os períodos de chuva.

As áreas de cultivo de 16 e 32 anos apresentaram maior resiliência, melhor estrutura do solo e, conseqüentemente, maior capacidade de carga devido à estabilização física do solo (Figuras 2, 3 e 4). Rocha et al. (2016) ressaltam que não apenas a umidade do solo determina a susceptibilidade do solo a mudanças causadas pelo tráfego de máquinas agrícolas, mas também manejo, classe de solo, granulometria, teor de matéria orgânica e presença de resíduos culturais na área.

CONCLUSÕES

O tempo de implantação das áreas cultivadas com café foi um fator determinante na redução da degradação da estrutura do solo.

O modelo de capacidade de suporte de carga do solo demonstrou que a área com 32 anos de cultivo foi a que apresentou maior resiliência e qualidade física do solo.



REFERÊNCIAS

- CERDA, R. et al. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy*, 82: 308-319, 2017.
- DIAS JÚNIOR M.S. A soil mechanics approach study soil compaction. ACHYUTHAN, H (Ed.). In: *Soil and soil physics in continental environment*. Chennai: Allied Publishers Private, p.179-199, 2003.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 2013, 353p.
- FIDALSKI, J. et al. Capacidade de suporte de carga do solo em sistemas de produção de laranja conservacionistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39: 880-885, 2015.
- INMET - Gráficos. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em 18 de mar. 2018.
- IORI, P. et al. Seasonal change of soil precompression stress in coffee plantation under sub-humid tropical condition. *Coffee Science*. 9: 145-154, 2014.
- MAZURANA, M. et al. Dinâmica da curva de pressão-deformação em ensaio de compressão uniaxial em diferentes tempos de carregamento. *Engenharia Agrícola*, 37: 973-986, 2017.
- MOTA, R.P. et al. SOIL Attributes in conventional tillage of *Coffea arabica* L.: a case study. *Coffee Science*, 13: 168-177, 2018.
- ROCHA, O.C. et al. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51: 1476-1483, 2016.
- SANTOS, E.O.J. et al. Sampling Design of Soil Physical Properties in a Conilon Coffee Field. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41:1-13, 2017.
- SENE, M. et al. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. *Soil Science Society of America Journal*, 49: 422-427, 1985.
- SILVA, R.B. et al. Consolidômetro: equipamento pneumático eletrônico para avaliação do estado de consolidação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 617-615, 2007.
- SILVA, R.B. et al. Modelagem e determinação do estado crítico de consolidação a partir da relação massa e volume em solos canavieiros. *Revista de Ciências Agrárias*, 33: 376-389, 2010.
- SILVA, V.A. et al. Adaptability, stability, and genetic divergence of conilon coffee in Alto Suaçuí, Minas Gerais, Brazil. *Crop Breeding and applied Biotechnology*, 17: 25-31, 2017.
- SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. Ames: Iowa State University Press. 1989. 503p.
- SOUZA, G.S.D. et al. Soil physico-hydraulic properties under organic conilon coffee intercropped with tree and fruit species. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52: 539-547, 2017.
- STOLF, R.; et al. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38: 774-782, 2014.