



Capacidade de suporte de carga de um latossolo após colheita mecanizada de cana-de-açúcar e teores de água ⁽¹⁾.

Heverton Ponce Arantes⁽²⁾; Antonio Carlos Tadeu Vitorino⁽³⁾; Eber Augusto Ferreira do Prado⁽⁴⁾; Douglas Martins Pereira Pellin⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES; ⁽²⁾ Mestrando em Produção Vegetal; Faculdade de Ciências Agrárias/ Universidade Federal da Grande Dourados; Dourados, MS; hevertonarantes@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; Faculdade de Ciências Agrárias/ Universidade Federal da Grande Dourados; Dourados, MS; antoniovitorino@ufgd.edu.br ⁽⁴⁾ Doutorando em Produção Vegetal; Faculdade de Ciências Agrárias/ Universidade Federal da Grande Dourados; Dourados, MS; eberprado@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Doutorando em Produção Vegetal; Faculdade de Ciências Agrárias/ Universidade Federal da Grande Dourados; Dourados, MS; douglas.martins@agronomo.eng.br.

RESUMO: Em áreas canavieiras, a compactação tem ocorrido em virtude das operações de manejo que envolve o tráfego de equipamentos em conteúdos inadequados de água no solo. Baseado nesse fato torna-se importante quantificar as possibilidades de alteração estrutural do solo que promovem compactação expressa pela capacidade de suporte de carga do solo. Objetivou-se avaliar a capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho distroférico, após colheita de cana-de-açúcar em diferentes umidades do solo. O estudo foi realizado em área comercial, durante o ano agrícola de 2013/14. O solo e área apresentou 612 g kg⁻¹ de argila, 274 g kg⁻¹ de silte e 114 g kg⁻¹ de areia. O delineamento em blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial (4x2) sendo quatro umidades e duas profundidades com quatro repetições. As umidades de solo foram definidas no momento em que se realizou a colheita e foram as seguintes: T1- umidade no limite de plasticidade com 0,16 g g⁻¹; T2- 0,19 g g⁻¹ de umidade; T3- 0,21 g g⁻¹ de umidade; T4- no limite de capacidade operacional contendo 0,24 g g⁻¹ de umidade. As profundidades, definidas previamente em ensaios para detecção de limitação, foram centradas em 5 e em 15 cm. Colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar em solos mais úmidos promovem diminuição nos valores de capacidade de suporte de carga do. A colheita mecanizada de cana-de-açúcar em solos com umidades mais elevadas prejudicam a sua qualidade estrutural.

Termos de indexação: Compactação do solo, pressão de preconsolidação, tráfego.

INTRODUÇÃO

A redução do período de entressafra canavieiro pode levar ao aumento da compactação do solo, em decorrência da colheita mecanizada da cana-de-açúcar na estação chuvosa. Dessa forma, faz-se necessário definir estratégias que visam minimizar este processo (Severiano et al., 2010). A carência de informações precisas sobre as alterações físicas e químicas dos solos submetidos ao cultivo de cana-de-açúcar acaba dificultando a identificação dos

fatores responsáveis por possíveis quedas de produtividade e, conseqüentemente, a implantação de práticas de manejo mais adequadas na manutenção das condições agrícolas dos solos (Silva & Ribeiro, 1995).

Quando se diminui o período de entressafra avançando o procedimento de colheita mesmo quando o solo está em condições de umidade inadequadas acaba provocando diversos impactos no solo, destacando-se o processo de compactação. A compactação do solo em áreas agrícolas tem sido apontada como um problema enfrentado por produtores, em especial nas áreas com solos argilosos (Rosim et al., 2012) que afeta as propriedades e funções físicas, químicas e biológicas do solo, sendo uma das principais causas da degradação das áreas agrícolas. Em áreas canavieiras, a compactação tem ocorrido em virtude das operações de manejo que envolve o tráfego de equipamentos em conteúdos inadequados de água no solo (Severiano et al., 2008). Dessa forma, a mecanização da colheita pode influenciar a produção e a longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, resultando em danos ambientais (Souza et al., 2005).

Uma das formas de se avaliar o estado da qualidade estrutural do solo é por meio da capacidade de suporte de carga, que é definida como a capacidade da estrutura do solo em resistir a tensões induzidas pelo tráfego de equipamentos ou pisoteio animal, sem mudanças no arranjo tridimensional das partículas constituintes do solo, em uma determinada umidade ou potencial matricial (Alakukku et al., 2003). O entendimento do processo de compressão é essencial para estimar as alterações que podem ocorrer na estrutura do solo, quando submetido a determinada pressão externa (Lima et al., 2006).

A pressão de preconsolidação (σ_p) é definida como a maior pressão que o solo já suportou no passado (Dias Junior & Pierce, 1996) e é uma medida da capacidade de suporte de carga do solo. A σ_p é obtida a partir da curva de compressão do solo, que relaciona a densidade do solo (ou índice de vazios) com o logaritmo da pressão a ele



aplicada. A aplicação no solo de pressões menores do que a pressão de preconsolidação causa deformações elásticas, portanto recuperáveis; já a aplicação de pressões maiores causa deformações plásticas, não recuperáveis (Holtz & Kovacs, 1981). Essa propriedade tem sido utilizada por diversos autores como indicador de sustentabilidade da estrutura do solo em uma dada umidade e, ou, potencial matricial (Dias Junior et al., 2005).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido a operações de colheita de cana-de-açúcar em diferentes umidades do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área comercial da Usina Monte Verde (BUNGE-SA), no município de Ponta Porã, MS, durante o ano agrícola de 2013/14. A área se localiza à latitude de 22° 1' 53" S e longitude 55° 07' 56" W e 400 m de altitude. De acordo com a classificação de Köppen o clima é Cw, mesotérmico úmido, com chuvas no verão e seco no inverno.

O solo na área do experimento foi um Latossolo Vermelho distroférico, cuja análise textural realizada pelo método da pipeta (Embrapa, 1997) apresentou 612 g kg⁻¹ de argila, 274 g kg⁻¹ de silte e 114 g kg⁻¹ de areia. As características químicas foram: pH (H₂O) = 5,24; Ca²⁺ = 60,35 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 14,37 mmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 mmol_c dm⁻³; H⁺ Al = 24,88 mmol_c dm⁻³; P = 16,97 mg dm⁻³; K = 14,12 mmol_c dm⁻³; e MO = 32 g Kg⁻¹ (Embrapa, 1997).

A área experimental foi instalada em local de cultivo comercial de cana-de-açúcar sendo que se tratava de cana soca de quarto ano.

Os equipamentos utilizados para a colheita de cana-de-açúcar foram uma colhedora modelo 360 H, com massa de 15 Mg. Trator utilizado na tração dos transbordos, modelo 6180J, com 132,5 kW de potência, com 10,3 Mg de massa, distribuídos em dois pneus dianteiros 16,9R28 com pressão de insuflagem de 0,14 MPa e dois pneus traseiros 650/75R32 com pressão de inflação de 0,12 MPa. Esse trator rebocou dois transbordos de 8 Mg de massa cada um, distribuída em quatro pneus de alta flutuação modelo 600/50-22,5 com pressão de insuflagem de 0,38 MPa, com capacidade para carregar até 10 Mg de cana-de-açúcar, sendo dois transbordos acoplados ao trator. A colheita foi realizada estando os transbordos cheios e o solo com diferentes as umidades, conforme os tratamentos.

Após a colheita da cana-de-açúcar nos diferentes estados de umidade do solo as amostras com

estrutura preservadas foram coletadas a 40 cm da linha de plantio em cilindros metálicos com 6,45 cm de diâmetro e 2,54 cm de altura, em sete pontos escolhidos aleatoriamente nas parcelas experimentais em cada bloco totalizando 28 amostras por profundidade para cada tratamento.

Após o preparo das amostras, essas foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir cerca de dois terços da altura do anel para posterior estabilização da umidade da amostra. As 28 amostras de cada tratamento e profundidade foram divididas em sete grupos de quatro amostras, e cada grupo submetido às seguintes tensões: -0,006; -0,01; -0,033; -0,066; -0,1; -0,3 e -1,5 Mpa, utilizando mesa de tensão (-0,006 Mpa) e câmara de Richards para as demais tensões, conforme Klute (1986). Macroporos foram estimados como a diferença entre o conteúdo de água do solo saturado e o conteúdo de água do solo após a aplicação da tensão de -0,006 Mpa, como proposto em Embrapa (1997).

Quando as amostras atingiram o equilíbrio nas referidas tensões, estas foram levadas para o consolidômetro automático, modelo CNTA-IHM/BR-001/07, para o ensaio de compressão uniaxial de acordo com Bowles (1986) e modificado por Dias Junior (1996). As pressões crescentes aplicadas a cada amostra foram: 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 kPa, sendo cada uma aplicada até que 90% da deformação máxima fosse alcançada (Taylor, 1966). Após cada ensaio de compressão uniaxial, as amostras foram levadas à estufa a 105-110 °C, por 48 horas, para determinar a umidade volumétrica e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico conforme Embrapa (1997).

A curva de compressão do solo foi obtida colocando-se as pressões aplicadas no eixo das abscissas versus a densidade do solo obtida ao final de cada estágio de aplicação de cada pressão, no eixo das ordenadas, sendo determinada a pressão de preconsolidação (σ_p) para cada amostra, utilizando-se o método proposto por Dias Junior e Pierce (1995). A seguir, as pressões de preconsolidação (σ_p) com os valores de umidade volumétrica (θ) foram ajustadas por meio do programa computacional, a uma regressão exponencial decrescente do tipo [$\sigma_p = 10^{(a+b\theta)}$], proposto por Dias Junior (1994), determinando-se os modelos de capacidade de suporte do solo (CSC). As letras "a" e "b" representam os parâmetros empíricos de ajuste do modelo, ou seja, o coeficiente linear e angular, respectivamente.

Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos



casualizados (4x2), sendo quatro umidades de solo e duas profundidades, com quatro repetições. As umidades do solo foram determinadas no momento da realização da colheita mecanizada e definiram os seguintes tratamentos: T1- umidade no limite de plasticidade com $0,16 \text{ g g}^{-1}$; T2- $0,19 \text{ g g}^{-1}$ de umidade; T3- $0,21 \text{ g g}^{-1}$ de umidade; T4- no limite de capacidade operacional contendo $0,24 \text{ g g}^{-1}$ de umidade. As profundidades foram estabelecidas previamente em ensaios para detecção de limitação, e foram centradas em 5 e em 15 cm.

As curvas ajustadas de capacidade de suporte de cargas apresentaram coeficientes de determinação (R^2) que foram submetidos ao teste F de acordo com Blainski et al. (2009) e Blainski et al. (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos modelos de capacidade de carga, o solo que se encontrava com menor umidade, com $0,16 \text{ g g}^{-1}$ (T1), durante as operações de colheita de cana, apresentou maiores valores de pressão de preconsolidação. Consequentemente suporta maior carga, tornando-se mais resistente à compactação (Figura 1). A obtenção de modelos de capacidade de suporte de carga (CSC) auxilia na determinação do melhor momento para realização das práticas de manejo do solo em função da umidade do solo, sendo que os modelos podem variar com a umidade e a densidade do solo (BERGAMIN et al., 2010).

Em todos os modelos de CSC dos tratamentos estudados, observa-se que a σ_p variou significativa e inversamente com a umidade do solo (Figuras 1). Conforme relatado por Pacheco e Cantalice (2011), a σ_p torna-se menor à medida que o solo fica mais úmido, pois a água diminui a coesão entre as partículas sólidas, reduzindo o atrito entre elas, resultando em um decréscimo exponencial da σ_p com o aumento da umidade. Resultados semelhantes foram relatados por Silva e Cabeda (2006);

Sampietro (2010) concluiu, em seu estudo sobre compactação em áreas de colheita, que a elevação da umidade propiciou redução da capacidade de suporte de carga do solo, expressa pela pressão de preconsolidação, ocasionou em aumento da susceptibilidade do solo a compactação.

CONCLUSÕES

Colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar em solos mais úmidos promovem menor capacidade de suporte de carga do solo nas profundidades de 5 e 15 cm. A colheita mecanizada de cana-de-açúcar

em solos com umidades mais baixas promove melhorias na sua qualidade estrutural.

Os Latossolos Vermelho distroférico tendem a ter menor capacidade de suporte de carga, induzida por pressão externa resultante da mecanização da colheita quando realizada com maiores umidades do solo.

AGRADECIMENTOS

A toda equipe de pesquisa em física do solo, aos técnicos e alunos da pós graduação em Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. A usina Monte Verde – BUNGE pela disponibilidade da área usada.

REFERÊNCIAS

ALAKUKKU, L.; WEISSKOPF, P.; CHAMEN, W.C.T.; TIJINK, F.G.J.; van der LINDEN, J.P.; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: A review. Part I - Machine/soil interactions. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.73, n.1, p.145-160, 2003.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.34, n.3, p.681-691, 2010.

BLAINSKI, E.; GONÇALVES, A.C.A.; TORMENA, C.A.; FOLEGATTI, M.V.; GUIMARÃES, R.M.L. Intervalo hídrico ótimo num Nitossolo Vermelho distroférico irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, p.273-281, 2009.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; GUIMARÃES, R.M.L.; NANNI, M.R. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto influenciada pela cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.36, p.79-87, 2012.

BOWLES, John FW. Further studies of the development of platinum-group minerals in the laterites of the Freetown layered complex, Sierra Leone. In: *Geo-Platinum 87*. Springer Netherlands, 1988. p. 273-280.

DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n.2, p.175-182, 1996.

DIAS JUNIOR, M.S.; LEITE, F.P.; LASMAR JÚNIOR, E.; ARAUJO JUNIOR, C.F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to Eucalyptus harvest operations. *Scientia Agricola*. v.62, n.3, p.248-255, 2005.

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



- HOLTZ, R.D.; KOVACS, W.D. An introduction to geotechnical engineering. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1981. 733p.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C.A., ed. Methods of Soil Analysis. I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 635-662.
- PACHECO, E. P.; CANTALICE, J. R. B. Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 403-415, 2011.
- ROSIM, D. C.; MARIA, I. C. de; LEMOS, R.; SILVA, A. P. da. Compactação de um Latossolo Vermelho distroférico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. Bragantia, v.71, n.4, p. 502-508, 2012.
- SAMPIETRO, J. A. Compactação de Cambissolo e Neossolos causada pela colheita de madeira com Feller-Buncher e Skidder. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – UNICENTRO, Irati, 2010.
- SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; CASTRO, M. B. de; OLIVEIRA, L. F. C. de; COSTA, K. A. de P. Compactação de Solos Cultivados com Cana-de-açúcar: II - Quantificação das Restrições às Funções Edáficas do Solo em Decorrência da Compactação Prejudicial. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 414-423, 2010.
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. SOLIVEIRA, L. F. C. de.; CASTRO, M. B. de. Pressão de preconsolidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais de um Latossolo e de um Cambissolo sob cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1419-1427, 2008.
- SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. Revista Brasileira de Ciência Solo, Viçosa, v.30, n.6, p.921-930, 2006.
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M. R.; Influência do cultivo conyínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.30, n.3, p.389-394, mar.1995.
- SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.3, p.271-278, 2005.
- TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER, J. R. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-

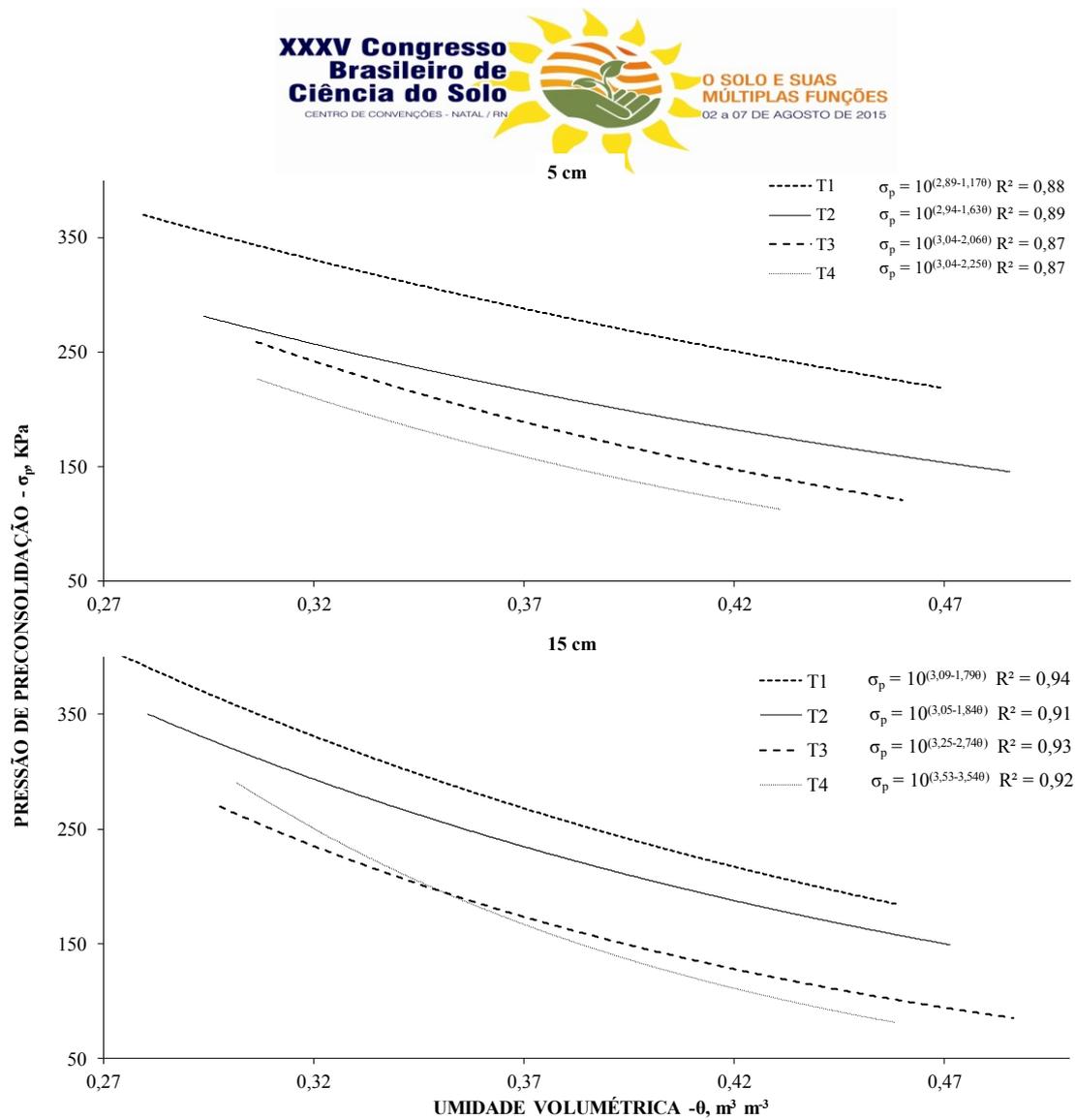


FIGURA 1. Modelos de capacidade de suporte de carga para um Latossolo Vermelho distroférrico, na profundidade centrada em 5 cm e 15 cm, submetido a operações de colheita de cana-de-açúcar sob as seguintes umidades do solo, T1 - umidade no limite de plasticidade com 0,16 g g⁻¹ de umidade; T2 - 0,19 g g⁻¹ de umidade; T3 - 0,21 g g⁻¹ de umidade; T4 - no limite de capacidade operacional contendo 0,24 g g⁻¹ de umidade. Dourados, UFGD, 2015.