

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO AO LONGO DE SUCESSIVAS COLHEITAS MECANIZADA E SEMIMECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR

ROBERTA QUEIROZ CAVALCANTI¹, MÁRIO MONTEIRO ROLIM², RENATO
PAIVA DE LIMA³, MÁRIO FERREIRA DOS SANTOS JÚNIOR⁴

¹Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE

²Eng. Civil, Professor Titular, DEAGRI/UFRPE, Recife-PE, mario.rolim@ufrpe.br

³Eng. Agrônomo, Professor Doutor, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁴Graduação Eng. Agrícola e Ambiental, Aluno, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O objetivo desse estudo foi avaliar o impacto do tráfego de veículos agrícolas através dos atributos físicos do solo nas colheitas mecanizadas e semimecanizadas de cana-de-açúcar ao longo do cultivo. O estudo foi realizado na Usina São José, situada no Município de Igarassu, localizada na Região da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco. Foram delimitadas duas áreas de estudo de dimensões 100 × 100 m, na primeira, realizadas colheitas mecanizadas (A), e, na segunda, colheitas semimecanizadas (B). Em cada uma das áreas foi realizado um estudo sobre os dois sistemas de colheita (A e B) e em diferentes fases da cultura: após o plantio (PL), após a primeira (C1) e segunda (C2) colheita. Foram coletadas amostras de solo, nas as duas áreas e em todas as diferentes fases para as análises de densidade, macroporosidade e porosidade total do solo. As colheitas de cana-de-açúcar afetaram negativamente os atributos físicos do solo avaliados, macroporosidade, porosidade total e densidade do solo. Essas alterações foram observadas mais acentuadamente após a primeira colheita. Os sistemas de colheita: mecanizado e semimecanizado, não apresentaram diferenças consideráveis entre si.

PALAVRAS-CHAVE: compactação, densidade, porosidade do solo, *Saccharum*

PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL THROUGHOUT SUCCESSIVE MECHANIZED AND SEMIMECHANIZED SUGARCANE HARVESTING

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the impact of agricultural vehicle traffic through the physical attributes of the soil on mechanized and semi-mechanized sugarcane harvesting throughout the cultivation period. The study was carried out at the Usina São José, located in the Igarassu, located in the Zona da Mata Norte Region of the State of Pernambuco. Two study areas measuring 100 × 100 m were delimited. In the first area, mechanized harvests were carried out (A), and, in the second, semimechanized harvests (B). In each of the areas, a study was carried out on the two harvesting systems (A and B) and at different phases of the crop: after planting (PL), after the first (C1) and second (C2) harvest. Soil samples were collected in both areas and in all different phases for soil bulk density, macroporosity and total porosity analyses. Sugarcane harvests negatively affected the physical attributes of the evaluated soil, macroporosity, total porosity and soil density. These changes were observed more markedly after the first harvest. The harvesting systems, mechanized and semimechanized, did not present considerable differences between them.

KEYWORDS: compaction, bulk density, soil porosity, *Saccharum*

INTRODUÇÃO: A cana-de-açúcar é uma cultura importante economicamente, pois ao longo dos anos seu uso passou a ser considerado como alternativa à substituição do petróleo (Huang et al., 2020). Desse modo, houve expansão da produção e busca por tecnologias para aumentar o rendimento do

produto. A cultura tem um ciclo médio entre 5 e 6 anos, a depender das características do solo, do clima (Bordonal et al., 2018), da qualidade do plantio (Cortez et al., 2016) e em especial das operações de manejo, principalmente na colheita, em que o tráfego de veículos agrícolas ocorre de forma mais intensa, sendo empregado para agilizar e melhorar a qualidade do produto final.

No Brasil a colheita de cana-de-açúcar é predominantemente realizada com queima, semimecanizada, e com a cana verde (crua), mecanizada (Toledo et al., 2021; Ortiz et al., 2022). Os sistemas de colheitas são responsáveis por promover ao solo altas tensões que ocasionam alterações na estrutura do solo devido ao tráfego agrícola e, são predominantemente, causadas pela compactação do solo (Horn et al. 2019; Keller et al., 2019).

Muitos estudos apontam que devido às sucessivas colheitas nas áreas de cana-de-açúcar, esta etapa é a principal fonte dos problemas relacionados à compactação e declínio da produção ao longo do ciclo (Cavalcanti et al., 2019). A colheita anual da cana-de-açúcar tem sido apontada como a principal fonte de compactação do solo nos canaviais, consequência das altas tensões induzidas pelos tratores, caminhões, reboques e transbordos (Lozano et al., 2013; Castioni et al., 2018). Os veículos utilizados na colheita da cana-de-açúcar contribuem amplamente para deterioração da estrutura do solo e é uma das principais fontes da redução da qualidade física do solo, outro fator é que o problema vem se agravando também devido ao aumento das cargas das rodas utilizadas nesses veículos (Keller et al., 2019). A compactação aumenta a resistência mecânica do solo, que pode ser quantificada em termos de densidade do solo e resistência à penetração, altos valores podem atrasar a emergência das plantas, impedir o crescimento e a proliferação das raízes e limitar a absorção de água e nutrientes (Bengough et al., 2011). As perturbações do solo resultantes do tráfego agrícola reduzem a continuidade, conectividade e estabilidade dos poros, levando a menor eficiência na condução de água, essas mudanças na porosidade do solo podem afetar o crescimento radicular e consequentemente a produtividade das culturas (Moraes et al., 2016).

Apesar de um grande número de publicações com base na relação entre a qualidade física do solo e o manejo do solo (Martini et al., 2020), ainda há lacunas em relação aos efeitos da colheita mecanizada e semimecanizada sob os atributos físicos do solo ao longo do tempo de cultivo. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o impacto do tráfego de veículos agrícolas através dos atributos físicos do solo nas colheitas mecanizadas e semimecanizada de cana-de-açúcar ao longo do cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS:

O estudo foi realizado na Usina São José, situada no Município de Igarassu, localizada na Região da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco (7°49'12.90"S Latitude e 35° 0'39.18"W Longitude), caracterizada pelo cultivo de cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol. O solo estudado é caracterizado como um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar, onde foram delimitadas duas áreas de estudo de dimensões 100 × 100 m, situadas dentro de um talhão com 18 ha, na primeira área, foram realizadas colheitas mecânicas (A), que envolve o uso de colhedoras, tratores e transbordo, e o corte da cana-de-açúcar é realizado sem queima e, na segunda, colheitas semimecanizadas (B), sendo empregado o uso da queima com corte manual e posteriormente é coletada mecanicamente utilizando carregadoras convencionais. Em cada uma das áreas foi realizado um estudo sobre os dois sistemas de colheita (A e B) e em diferentes fases da cultura: após o plantio (PL), após a primeira (C1) e segunda (C2) colheita. As coletas do solo, em todos os casos, foram realizadas após 90 dias de cada operação, após o plantio da cana (PL), primeira e segunda colheita de cana (C1 e C2).

Para avaliação dos efeitos dos dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar foram estudados os atributos físicos do solo através da coleta de amostras indeformadas em 36 pontos equidistantes em 20 × 20 m que foram distribuídos na entrelinha e linha de cultivo da cana-de-açúcar na profundidade de 0,0-0,2 m. As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de um amostrador de Uhland e anéis volumétricos de 0,052 m de altura e 0,047 m de diâmetro para as análises de densidade, macroporosidade e porosidade total do solo (Texeira et al., 2017). Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva onde foi obtido as variações entre os valores máximo e mínimos, bem como os tratamentos foram comparados através de intervalos de confiança a 95% utilizando o software R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A primeira colheita da cana-de-açúcar (C1) reduziu a porosidade total (PT) do solo de 0,44 para 0,35 m³ m⁻³ em comparação com o plantio (PL), no sistema

mecanizado (A), o que significa uma redução de $0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no volume total de poros (Figura 1a). Para o sistema semimecanizado (B) a redução foi de $0,42$ para $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ em comparação com o plantio (PL), apresentando um comportamento semelhante ao sistema mecanizado (Figura 1a). Em relação a macroporosidade (MA) (Figura 2a), também é possível perceber uma diminuição após a primeira colheita (C1) obtendo um valor de $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na segunda colheita (C2), onde o plantio (PL) apresentou um valor de $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, houve uma redução de $0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o sistema mecanizado. No sistema semimecanizado a situação foi semelhante, atingindo uma diferença de $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ entre o plantio e a segunda colheita (C2). A porosidade, no geral, teve seu volume reduzido, ou seja, os poros do solo reduziram de tamanho, e isso ocorreu de forma bem acentuada após a primeira colheita (C1) provavelmente devido ao intenso tráfego de máquinas agrícolas nas operações de colheita nos dois sistemas. Dessa forma, é importante considerar que a compactação proporcionou uma modificação do sistema poroso e essa mudança pode influenciar, de maneira negativa, as características do solo como aeração, pois a macroporosidade é uma medida diretamente relacionada com a difusão de oxigênio no solo para as raízes (Otto et al., 2022).

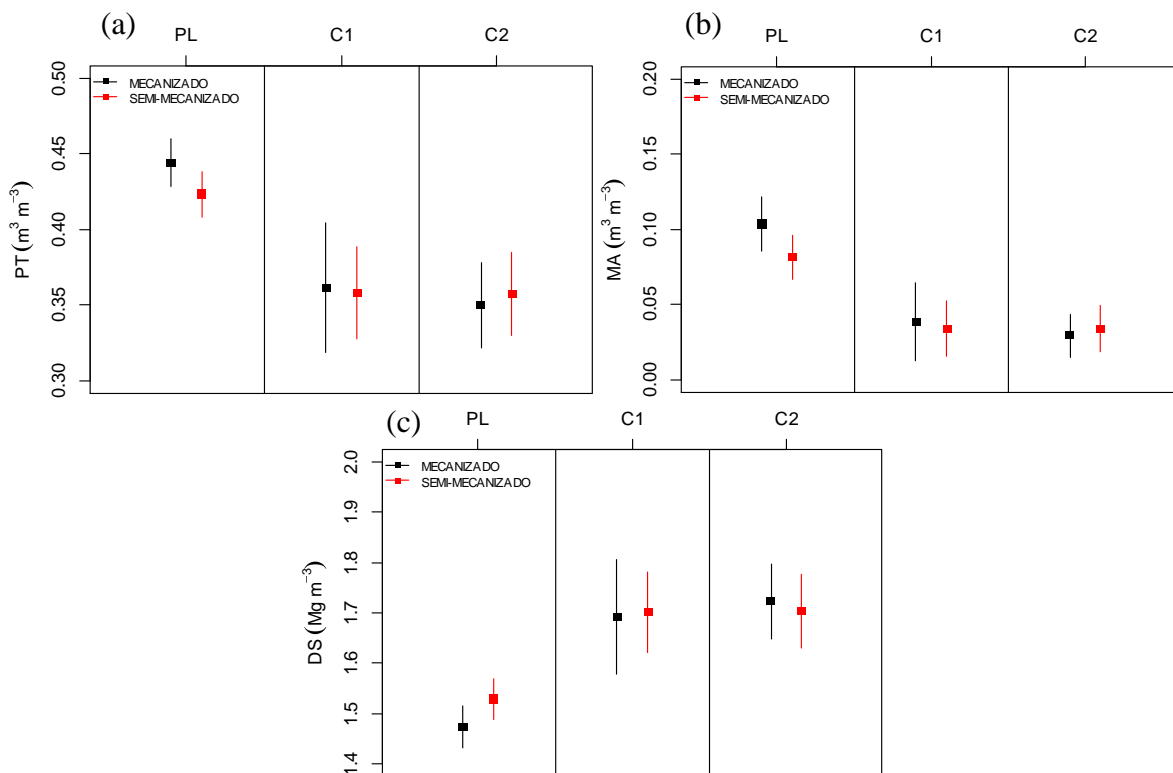


Figura 1. Atributos físicos do solo após o plantio (PL), após a primeira colheita (C1) e a segunda colheita (C2), em sistemas de colheita mecanizado e semimecanizado. (a) Porosidade total (PT), (b) Macroporosidade (MA) e (c) Densidade do solo (DS). Barras verticais indicam o desvio padrão da média.

A densidade do solo (Figura 3a) no plantio (PL) foi $1,48 \text{ Mg.m}^{-3}$, para o sistema mecanizado (A), e com a primeira colheita (C1) houve uma elevação da densidade do solo (DS) chegando a $1,69 \text{ Mg.m}^{-3}$, tendo aumentado ainda mais na segunda colheita (C2) alcançando $1,71 \text{ Mg.m}^{-3}$, e obtendo uma variação entre o plantio e as colheitas de $0,23 \text{ Mg.m}^{-3}$. Para o sistema semimecanizado o comportamento foi semelhante, onde a densidade aumentou e variou $0,16 \text{ Mg.m}^{-3}$, do plantio a segunda colheita. Após as duas colheitas o sistema mecanizado (A) mostrou ter maior capacidade de influencia no aumento desse atributo, em relação ao sistema semimecanizado (B). Contudo, não ocorreu diferença acentuada entre os sistemas mecanizados e semimecanizados em relação as variáveis estudadas e na análise temporal.

Durante o tempo de estudo foi constatado a mudança neste atributo físico do solo. Silva et al. (2006) afirmam que a elevação da densidade do solo pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, ocasionar aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, alterar a movimentação de água e nutrientes e a difusão de oxigênio e outros gases, levando ao acúmulo de CO_2 e de fitotoxinas.

CONCLUSÕES: A colheita de cana-de-açúcar afetaram negativamente os atributos físicos do solo avaliado, macroporosidade, porosidade total e densidade do solo; essas alterações foram observadas mais acentuadamente após a primeira colheita. Os sistemas de colheita, mecanizado e semimecanizado, não apresentaram diferenças consideráveis entre si.

REFERÊNCIAS:

- BENGOUGH, A. G., MCKENZIE, B. M., HALLETT, P. D., VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 59-68, 2011.
- BORDONAL, R. O., CARVALHO, J. L. N., LAL, R., FIGUEIREDO, E. B., OLIVEIRA, B. G., LA SCALA, N. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, p.1-22, 2018.
- CASTIONI, G. A., CHERUBIN, M. R., MENANDRO, L. M. S., SANCHES, G. M., OLIVEIRA BORDONAL, R., BARBOSA, L. C., CARVALHO, J. L. N. Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi-approach assessment. **Soil and Tillage Research**, v. 184, p. 301-309, 2018.
- CAVALCANTI, R. Q., ROLIM, M. M., DE LIMA, R. P., TAVARES, U. E., PEDROSA, E. M., GOMES, I. F. Soil physical and mechanical attributes in response to successive harvests under sugarcane cultivation in Northeastern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 189, p. 140-147, 2019.
- CORTEZ, J. W., MISSIO, C., BARRETO, A. K., SILVA, M. D. D., REIS, G. N. D. Quality of sugarcane mechanized planting. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 1136-1144, 2016.
- HORN, R., HOLTHUSEN, D., DÖRNER, J., MORDHORST, A., FLEIGE, H. Scale-dependent soil strengthening processes—what do we need to know and where to head for a sustainable environment?. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104388, 2019.
- HUANG, J., KHAN, M. T., PERECIN, D., COELHO, S. T., ZHANG, M. Sugarcane for bioethanol production: potential of bagasse in Chinese perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 133, p. 110296, 2020.
- KELLER, T., SANDIN, M., COLOMBI, T., HORN, R., OR, D. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104293, 2019.
- LOZANO, N.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA, V. S.; TAVARES, U. E.; PEDROSA, E. M. R. Evaluation of soil compaction by modeling field vehicle traffic with SoilFlex during sugarcane harvest. **Soil and Tillage Research**, v. 129, p. 61-68, 2013.
- MARTINI, A. F., VALANI, G. P., BOSCHI, R. S., BOVI, R. C., DA SILVA, L. F. S., COOPER, M. Is soil quality a concern in sugarcane cultivation? A bibliometric review. **Soil and Tillage Research**, v. 204, p. 104751, 2020.
- MORAES, M. T., DEBIASI, H., CARLESSO, R., FRANCHINI, J. C., DA SILVA, V. R., LUZ, F. B. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 351-362, 2016.
- ORTIZ, P., ROLIM, M. M., DE LIMA, R. P., TORMENA, C. A., CAVALCANTI, R. Q., PEDROSA, E. M. A Soil Physical Assessment Over Three Successive Burned and Unburned Sugarcane Annual Harvests. **Sugar Tech**, p. 1-13, 2022.
- OTTO, R., MACHADO, B. A., DA SILVA, A. C. M., DE CASTRO, S. G. Q., LISBOA, I. P. Sugarcane pre-sprouted seedlings: A novel method for sugarcane establishment. **Field Crops Research**, v. 275, p. 108336, 2022.
- SILVA, S. R., BARROS, N. F., COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10, 842-847, 2006.
- TEIXEIRA, P. C., G. K. DONAGEMMA, A. FONTANA, W. G. TEIXEIRA. 2017. Manual de Métodos de Análise de Solo. Embrapa, Brasília, pp. 573p.
- TOLEDO, M. P., ROLIM, M. M., DE LIMA, R. P., CAVALCANTI, R. Q., ORTIZ, P. F., CHERUBIN, M. R. Strength, swelling and compressibility of unsaturated sugarcane soils. **Soil and Tillage Research**, v. 212, p. 105072, 2021.