

TENSÃO VERTICAL E HORIZONTAL APLICADO NO SOLO POR MÁQUINAS UTILIZADAS NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR

WELLINGTON DA SILVA GUIMARÃES JÚNNYOR¹, MURILLO PEREIRA FLORA², ISABELLA CLERICI DE MARIA³, MURILO BATTISTUZZI MARTINS⁴, MURILO RIBEIRO FREITAS⁵, FAGNER LUIZ RODRIGUES⁶

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto. Doutor, Depto. de Agronomia, UEMS, Cassilândia – MS, wellington.junnyor@uems.br.

² Graduando em Agronomia, UEMS, Cassilândia – MS.

³ Eng^a. Agrônoma, Pesquisadora Científica, Centro de Solos, Instituto Agrônômico (IAC), Campinas-SP.

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto. Doutor, Depto. de Agronomia, UEMS, Cassilândia – MS.

⁵ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia-Sustentabilidade na Agricultura, UEMS, Cassilândia -MS.

⁶ Graduando em Agronomia, UEMS, Cassilândia – MS.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O intenso tráfego de máquinas agrícolas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar tem elevado a compactação do solo, proporcionando um ambiente desfavorável ao desenvolvimento da cultura, ocasionando assim, a redução da capacidade produtiva do solo. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição das tensões aplicadas sobre o solo a partir das cargas de cada máquina utilizadas nas operações de colheita da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido em Argissolo Vermelho Distrófico, as simulações foram realizadas individualmente, por meio da ferramenta Tyres/Tracks and Soil Compaction – TASC para as máquinas utilizada na colheita da cana-de-açúcar. Na operação de colheita da cana-de-açúcar, as máquinas utilizadas apresentaram valores de área de contato de 2493 a 15334 cm². A menor área de contato foi observada para o pneu do transbordo VTX 14.000 e a maior foi para a colhedora Case A8800. Na operação de colheita, o transbordo carregado exerce ao solo as maiores tensões horizontais e pode causar compactação do solo na linha de plantio da cana-de-açúcar, mesmo trafegando no centro da linha de tráfego.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação, TASC, compactação do solo.

VERTICAL AND HORIZONTAL TENSION APPLIED TO THE SOIL BY MACHINES USED IN SUGARCANE HARVESTING

ABSTRACT: The intense traffic of agricultural machinery in areas cultivated with sugarcane has increased soil compaction, providing an unfavorable environment for the development of the crop, thus causing a reduction in the productive capacity of the soil. Given the above, the objective of this work was to analyze the distribution of stresses applied to the soil based on loads of each machine used in sugarcane harvesting operations. The experiment was carried out on a Dystrophic Red Argisol, the simulations were carried out individually, using the Tyres/Tracks and Soil Compaction – TASC tool for the machines used in the sugarcane harvest. In the sugarcane harvesting operation, the machines used showed contact area values from 2493 to 15334 cm². The smallest contact area was observed for the VTX 14,000 trailer tire and the largest was for the Case A8800 harvester. In the harvesting operation, the full trailer applied the greatest horizontal tensions on the soil and can cause soil compaction in the sugarcane planting line, even when traveling in the center of the traffic line.

KEYWORDS: Simulation, TASC, soil compaction.

INTRODUÇÃO: O Brasil destaca-se como maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo a região com maior produção a Centro-Sul responsável por 550.247,6 mil toneladas de

cana-de-açúcar na safra 2022/23, destacando-se o estado de São Paulo como principal produtor com 312.879,5 mil toneladas (CONAB, 2023). O intenso tráfego de máquinas agrícolas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar tem elevado a compactação do solo, proporcionando um ambiente desfavorável ao desenvolvimento da cultura, ocasionando assim a redução da capacidade produtiva do solo (REICHERT et al., 2009). O tráfego de máquinas agrícolas no período de colheita da cana-de-açúcar, causa danos as propriedades físicas do solo. No intuito de estudar as relações de causa e efeito do manejo e alguns atributos do solo, novas metodologias devem ser consideradas para o estudo da compactação do solo. Os modelos de compactação do solo podem ser uma estratégia para prevenir ou minimizar os efeitos da compactação do solo devido ao tráfego agrícolas em canaviais. Para prever o efeito causado pelas máquinas agrícolas em uma dada condição do solo podem ser utilizados modelos de compactação, como por exemplo o modelo desenvolvido por Diserens et al. (2014), que é considerado uma ferramenta prática e pode apoiar pesquisadores e tomadores de decisão do setor denominada TASC (Tyres/Tracks and Soil Compaction). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição das tensões aplicadas sobre o solo a partir das cargas de cada máquina utilizadas nas operações de colheita da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido um Argissolo Vermelho Distrófico típico, um com textura franco-arenosa no horizonte A e argilo-arenosa no horizonte B (SANTOS et al., 2018), cultivado com cana-de-açúcar por mais de 10 anos, em área localizada no município de Catanduva, São Paulo. A caracterização física da área experimental, foi realizada na camada de 0,00-0,20 m é apresentada com 10,90 % de argila, 81,70% de areia total e 2,99 kg dm⁻³ de densidade. Todas as análises foram determinadas conforme a metodologia descrita por Teixeira et. al. (2017). A simulação foi realizada individualmente para cada máquina utilizada na operação de colheita da cana-de-açúcar no experimento, sendo considerada as reais condições de umidade e resistência à penetração do solo no momento do tráfego de cada maquinário. Os dados técnicos dos maquinários utilizados estão presentes na Tabela 1.

TABELA 1. Dados técnicos das máquinas utilizadas nas operações de colheita da cana-de-açúcar.

Máquinas	Carga Total (Mg)	Eixo	Pneu	Carga na roda/esteira (Mg)	Pressão de Inflação (kPa)
Trator John Deere 7230J	12,65	Dianteiro	600/65R28	2,21	150
		Traseiro	710/70R38	4,11	170
Colhedora Case A8800	18,3	Esteira ^o	-----	9,15	-----
Transbordo VTX 14.000	24,96	Tridem	600/50-22.5	4,16	350
Transbordo VTX 21.000	38,82	Quadrem	600/50-22.5	4,85	350

Tridem (três eixos), Quadrem (quatro eixos), ^oEsteira de metal largura e comprimento (0,41 m e 3,74 m, respectivamente).

Para simular a distribuição das tensões aplicadas no solo durante o tráfego das máquinas foi utilizado a ferramenta Tyres/Tracks and Soil Compaction – TASC V3.0 (Diserens et al., 2014). Além disto, foi calculado os aspectos básicos da interface solo-rodado, como área de contato e pressão de contato média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na operação de colheita da cana-de-açúcar, as máquinas utilizadas apresentaram valores de área de contato (AC) de 2493 a 15334 cm² (Tabela 2). A menor área de contato foi observada para o pneu do Transbordo VTX 14.000 e a maior foi

para a esteira da Colhedora Case A8800. A pressão de contato média (PCM) variaram de 59 a 164 kPa (Tabela 2), sendo a menor de 59 kPa observada para a Colhedora Case e a maior de 164 kPa para Transbordo VTX 14.000, seguido do Transbordo VTX 21.000 com 160 kPa, ambos apresentam pneus 600/50-22.5 (Tabela 2).

TABELA 2. Área de contato (AC), pressão de contato médio (PCM) e pressão de inflação (PI) das máquinas utilizadas no sistema de colheita da cana-de-açúcar.

Máquinas	Eixo	AC (cm ²)	PCM (kPa)	PI (kPa)
Trator John Deere 7230J	Dianteiro	2639	82	150
	Traseiro	3993	101	170
Colhedora Case A8800	Esteira ^o	15334	59	-----
Transbordo VTX 14.000	Tridem*	2493	164	350
Transbordo VTX 21.000	Quadrem ⁺	2971	160	350

*Tridem (três eixos), +Quadrem (quatro eixos), ^oEsteira de metal largura e comprimento (0,41 m e 3,74 m, respectivamente).

Os resultados obtidos mostram que a menor pressão de contato médio está associada a maior área de contato para a colhedora, assim também observado por Guimarães Júnnyor et al., (2019), os valores de maior pressão de contato média foram observados para os rodados do Transbordo VTX 14.000.

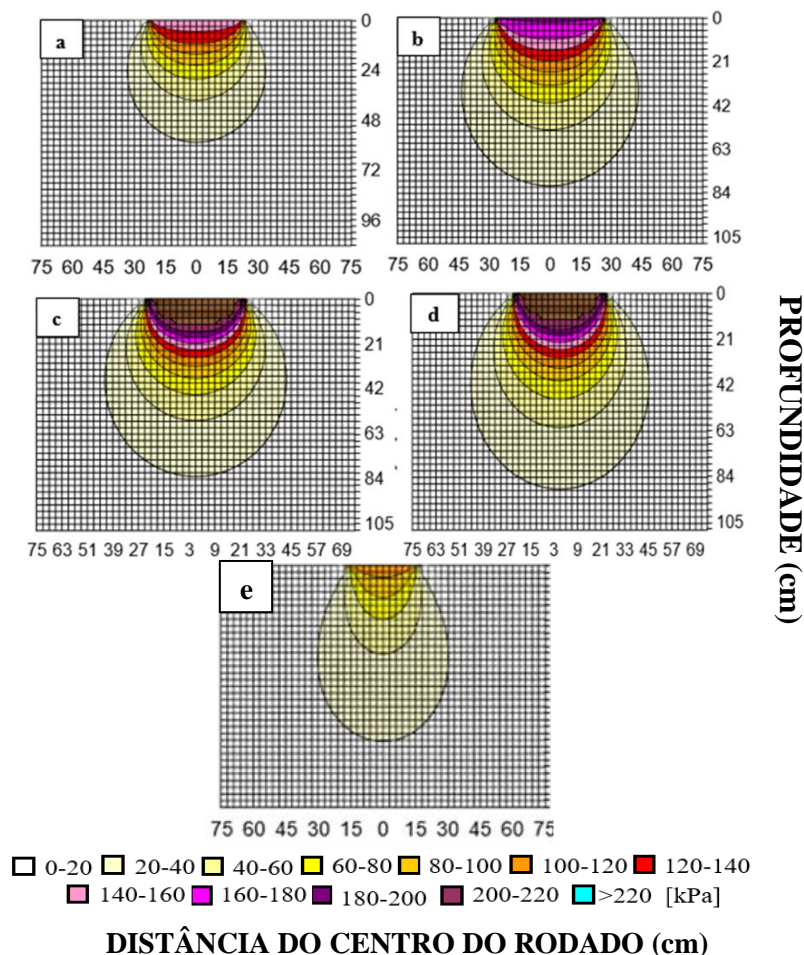


FIGURA 1. Bulbo de Tensão obtidos rodado dianteiro (a) e traseiro (b) do Trator John Deere 7230J, roda do transbordo VTX 14000 (c), roda do transbordo VTX 21000 (d) e Colhedora Case A8800 (a) utilizados no Argissolo Vermelho Distrófico típico, na colheita da cana-de-açúcar.

As tensões verticais variam entre as máquinas de 0,57 m a 0,90 m de profundidade, sendo a menor observada para o rodado dianteiro do trator John Deere 7230J (Figura 1a) e a maior ao transbordo VTX 21000 (Figura 1d). Os valores de tensão horizontal apresentam a mesma sequência dos verticais, onde a menor é do dianteiro do trator John Deere 7230J (Figura 1a) e a maior transbordo VTX 21000 (Figura 1d), respectivamente 0,33 e 0,45 m de distância do centro do rodado. O rodado traseiro do trator John Deere 7230J apresenta uma maior AC, podendo ser evidenciado na imagem (Figura 1b), o transbordo 14000 possui a AC idêntica ao VTX 21000, no entanto, apresenta uma menor carga total e um eixo a menos que o mesmo, sendo isso a caracterização da menor tensão vertical de 0,84 m (Figura 1c) quando comparada ao VTX 21000. A colhedora Case A8800 apresentou a menor tensão vertical sob Argissolo Vermelho Distrófico típico (Figura 1e) até 0,78 m de profundidade, devido a colhedora apresentar a maior AC e menor PCM (Tabela 2). No caso do transbordo que possui configuração das rodas em eixo tridem e quadrem, o efeito da carga transmitida ao solo é mais agravante e preocupante, devido ao efeito da repetição da carga, o que está em concordância com Keller e Arvidsson (2004) que afirmam que as cargas repetidas têm efeitos notórios no processo de compactação. Esses resultados corroboram com os de Guimarães Júnnyor et al. (2019) que relatam que o transbordo carregado apresenta o maior potencial de compactação do solo dentro as máquinas utilizadas no sistema de colheita da cana.

CONCLUSÕES: Na operação de colheita, o transbordo carregado exerce ao solo as maiores tensões horizontais e pode causar compactação do solo na linha de plantio da cana-de-açúcar, mesmo trafegando no centro da linha de tráfego. A adição de um eixo nos transbordos não apresentará resultados positivos a estrutura física do solo, quando a carga do transbordo não for reduzida.

REFERÊNCIAS:

- ARVIDSSON, J., AND KELLER, T. (2004). Technical solutions to reduce the risk of subsoil compaction: effects of dual wheels, tandem wheels and tyre inflation pressure on stress propagation in soil. **Soil and Tillage Research**, 79, 191-205.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, Quarto Levantamento - Safra 2022/23, Boletim de cana-de-açúcar - abril 2023**, Brasília, v.10, n.4, 2023.
- DISERENS, E., BATTIATO, A., AND SARTORI, L. (2014). Soil compaction, Soil Shearing and Fuel Consumption: TASC V3.0-A Practical Tool for Decision-Making in Farming. **International Conference of Agricultural Engineering**, Zürich ETH, Switzerland, 6-10.
- GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; DISERENS, E.; DE MARIA, I. C.; ARAUJOJUNIOR, C. F.; FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M. S. Previsão de tensões e compactação do solo devido a máquinas agrícolas em sistemas de cultivo de cana-de-açúcar com e sem rotação de culturas. **Science of The Total Environment**. v. 681, n.3, p. 424-434, 2019.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v.102, p.242-254, 2009.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, K. T.; ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa 3ª.Ed. Brasília, Df, Brasil, 2018.
- TEIXEIRA, C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W. G (ED.) (2017). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Revisada e Ampliada, Brasília: Embrapa.