

COMPACTAÇÃO DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSBORDO NA COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR

JEISON A. S. PARRA¹, MAYARA G. DOS S. GOMES², DIEGO A. A. ESTEBAN³,
LUIZA G. A. CABRAL⁴, MAYARA A. GOMES⁵, RENATO P. DE LIMA⁶

¹Eng. Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, jeison.parra@feagri.unicamp.br

²Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

³Eng. Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁴Bióloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP

⁵Graduanda em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁶Eng. Agrônomo, Professor Doutor, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

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

RESUMO: O Brasil é o principal produtor e exportador de cana-de-açúcar nas Américas, domínio em parte pela consequência dos processos de mecanização a cada dia mais acentuados. Na colheita mecanizada virou fundamental o uso de colhedora junto a transbordo acoplado, configuração eficiente na colheita, mas com alta incidência na estrutura do solo e possível degradação. Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar o grau de compactação em um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de tráfego de máquinas com diferentes transbordos após operações da colheita da cana-de-açúcar. O experimento foi realizado em Frutal-MG, com 12 parcelas experimentais por blocos ao acaso: 1CT/21 - conjunto trator com 134 kW + transbordo com capacidade de 21 Mg; 2CT/10 - conjunto trator com 134 kW + dois transbordos com capacidade de 10 Mg cada; 1CT/30 - conjunto trator 172 kW + transbordo com massa de 30 Mg; 1CC/21 - conjunto caminhão + caixote com capacidade de 21 Mg. Após a colheita mecanizada da cana planta e primeira cana soca, as amostragens de solo (indeformadas) foram coletadas no centro da linha de plantio (LP), ao centro da entrelinha (EL) e ao ponto médio (PM) entre a LP e a EL e foi avaliado o grau de compactação nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,50 m e 0,50-0,70 m. Os efeitos do preparo do solo no alívio da compactação durante a reforma do canavial demonstrado pelo grau de compactação foram anulados pelos efeitos do tráfego na operação da colheita mecanizada.

PALAVRAS-CHAVE: grau de compactação, mecanização agrícola, *Saccharum officinarum*

SOIL COMPACTION UNDER DIFFERENT TRANSHIPMENT SYSTEMS IN SUGAR CANE HARVESTING

ABSTRACT: Brazil is the main producer and exporter of sugar cane in the Americas, dominance in part as a result of mechanization processes that are becoming more pronounced every day. In mechanized harvesting, the use of a harvester together with coupled transshipment has become essential, an efficient configuration for harvesting, but with a high incidence on the soil structure and possible degradation. Therefore, the objective of this work is to evaluate the degree of compaction in a Red Oxisol under different machine traffic systems with different transshipments after sugarcane harvesting operations. The experiment was carried out in Frutal-MG, with 12 experimental plots in randomized blocks: 1CT/21 - tractor set with 134 kW + transshipment with a capacity of 21 Mg; 2CT/10 - tractor set with 134 kW + two overflows with a capacity of 10 Mg each; 1CT/30 - 172 kW tractor set + transshipment with a mass of 30 Mg; 1CC/21 - truck + crate set with 21 Mg capacity. After

mechanized harvesting of the plant cane and first ratoon cane, soil samples (undisturbed) were collected in the center of the planting row (LP), the center of the row (EL) and the midpoint (PM) between the LP and the EL and the degree of compaction was evaluated at depths of 0.00-0.10 m, 0.10-0.20 m, 0.20-0.30 m, 0.30-0.50 m and 0.50- 0.70 m. The effects of soil preparation on relieving compaction during sugarcane field renovation demonstrated by the degree of compaction were nullified by the effects of traffic in the mechanized harvesting operation.

KEYWORDS: degree of compaction, agricultural mechanization, *Saccharum officinarum*

INTRODUÇÃO: Atualmente tem se observado que as pressões para aumento das produções agrícolas, podem estar contribuindo para o aumento da compactação do solo, considerada um dos principais problemas ambientais causados pela agricultura em todo o mundo (FAO e ITPS, 2015). A intensificação da mecanização das operações agrícolas utilizando máquinas mais eficientes para reduzir custos e aumentar o rendimento operacional tem sido acompanhada pelo aumento da massa das máquinas agrícolas, incrementando as pressões impostas no solo e conseqüentemente os níveis de compactação (ESTEBAN et al., 2019; KELLER et al., 2019). Essa mecanização leva ao impacto físico no solo com redução das propriedades matriciais, aeração, porosidade e efeitos na disponibilidade de água para a cana-de-açúcar (LIMA et al., 2021). Frente ao cenário exposto, as tensões que atuam sob as rodas de máquinas utilizadas na operação de transbordo da cana-de-açúcar, resultam em elevados níveis de compactação, que promovem alterações estruturais deteriorando o funcionamento do solo e a perda da produtividade ao longo dos ciclos da cultura (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019; JIMENEZ et al., 2021). Sendo que o objetivo desse trabalho é avaliar o grau de compactação em um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de tráfego de máquinas com diferentes transbordos após operações da colheita da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em condições de campo em área comercial nas dependências da Usina Cerradão, no município de Frutal, estado de Minas Gerais, nas seguintes coordenadas geográficas: 19°56'41" de latitude sul e 49°07'30" de longitude oeste; com altitude média de 520 m acima do nível do mar e declive de 2,7%. O clima da região é tropical com estação seca (Aw), com precipitação média anual de 1.373 mm e temperatura média de 24,7 °C e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura média. O delineamento experimental utilizado é em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro tratamentos e três repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Cada parcela experimental com dimensões de 100 m de comprimento por 15,0 m de largura (1.500 m²) foi montada por 10 linhas de cana-de-açúcar em sentido paralelo ao comprimento da parcela e com espaçamento de 1,5 m entre as linhas de plantio. Os tratamentos empregados foram: 1CT/21 - conjunto trator com 134 kW + transbordo com capacidade de 21 Mg; 2CT/10 - conjunto trator com 134 kW + dois transbordos com capacidade de 10 Mg cada; 1CT/30 - conjunto trator 172 kW + transbordo com massa de 30 Mg; 1CC/21 - conjunto caminhão + caixote com capacidade de 21 Mg. Após a colheita da cultura nos anos de 2020 (ciclo cana planta) e 2021 (ciclo cana soca), amostras indeformadas de solo foram coletadas nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,50 m e 0,50-0,70 m, em três locais de coleta estabelecidos seguindo um transecto em linha reta desde a linha de plantio até a entrelinha, correspondendo ao centro da linha de plantio (LP), ao centro da entrelinha (EL) e ao ponto médio (PM) entre a LP e a EL. O grau de compactação (GC) foi quantificado pela razão entre a Ds e a Ds.máx ($GC = Ds/Ds.máx \times 100$) de acordo com Teixeira et al. (2017). Os dados do grau de compactação foram submetidos à análise da variância (ANOVA) utilizando o software SAS 3.8. Diferenças significativas entre os tratamentos foram avaliadas

por meio de análise de variância, que ao apresentar significância foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores de grau de compactação (GC) entre locais dentro dos tratamentos foram obtidas após as duas colheitas da cana-de-açúcar (Tabela 1). Na camada de 0,00-0,10 m após primeira colheita a EL apresentou os maiores valores de GC variando entre 79 e 82%, respectivamente e, decrescendo na sequência $EL > PM > LP$ em 1T/21 e 1T/30, e $EL > PM = LP$ em 2T/10. Após a segunda colheita os locais do PM e EL apresentaram os maiores valores de GC variando de 75 a 77% no PM e, de 77 a 79% na EL e, decrescendo na sequência $EL = PM > LP$ em todos os tratamentos. Os valores de GC de cada tratamento (média dos três locais de avaliação) não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nas camadas de solo em ambos os ciclos avaliados (Tabela 1). Apesar disso, houve uma tendência de maiores valores de GC (diferenças não significativas, $p > 0,05$) no tratamento 1C/20 em todas as camadas no ciclo da cana planta e nas três primeiras camadas de solo no ciclo da cana soca e, de menores valores ($p > 0,05$) em 1T/21 na camada de 0,00-0,10 m e em 1T/30 nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m nos dois ciclos da cultura.

TABELA 5. Grau de compactação (Gc, %) para um Latossolo Vermelho após colheita mecanizada da cana-de-açúcar (ciclo cana planta e primeira soca) com uso de diferentes sistemas de transbordo.

Local	Cana planta (safra 2020/2021)					Cana soca (safra 2021/2022)				
	Tratamento					Tratamento				
	1T/21	2T/10	1T/30	1C/20	Média	1T/21	2T/10	1T/30	1C/20	Média
	Camada 0,00-0,10 m					Camada 0,00-0,10 m				
LP	67,91 Bc	72,24 Bb	72,42 Bc	78,03 A	72,65 c	68,01 b	68,25 b	69,51 b	70,51 b	69,07 b
PM	72,08 Bb	74,20 ABb	78,20 Ab	77,39 A	75,47 b	75,32 a	76,37 a	76,86 a	76,19 a	76,19 a
EL	79,16 a	81,35 a	81,67 a	79,96	80,54 a	78,45 a	77,67 a	78,68 a	78,52 a	78,33 a
Média	73,05	75,93	77,43	78,46	-	73,93	74,10	75,02	75,07	-
	Camada 0,10-0,20 m					Camada 0,10-0,20 m				
LP	74,04 ABb	76,05 A	68,65 Bb	71,22 ABc	71,49 b	73,93	71,39 b	70,05	73,53	72,22 b
PM	79,40 Aa	76,31 AB	70,12 Bab	82,11 Aa	76,99 a	77,76	73,44 b	73,59	80,96	76,44 a
EL	74,06 b	79,22	73,19 a	76,90 b	75,84 a	76,90	81,29 a	77,39	77,45	78,26 a
Média	74,50	77,19	70,65	76,75	-	76,20	75,37	73,67	77,31	-
	Camada 0,20-0,30 m					Camada 0,20-0,30 m				
LP	78,47	78,23	77,30	78,64 b	78,16 b	78,96	75,46 b	76,91	77,43	77,19 b
PM	81,57 AB	81,54 AB	76,34 B	83,55 Aa	80,75 a	81,05	80,37 ab	81,31	81,54	81,07 a
EL	77,84	81,02	77,96	79,60 ab	79,10 ab	79,97	84,39 a	77,92	82,53	81,20 a
Média	79,29	80,26	77,20	80,60	-	79,99	80,07	78,71	80,50	-
	Camada 0,30-0,50 m					Camada 0,30-0,50 m				
LP	81,03	81,49	81,52	81,15	81,30	76,52	80,20	78,40	79,34	78,61
PM	79,82	80,36	80,96	81,94	80,77	79,48	80,33	78,90	79,04	79,44
EL	81,12	79,04	80,92	80,65	80,43	80,93	78,48	75,09	80,63	78,78
Média	80,66	80,30	81,13	81,25	-	78,98	79,67	77,46	79,67	-

LP = linha de plantio; PM = ponto médio; EL = entrelinha; 1T/21 = conjunto trator 185 cv + transbordo de 21 toneladas; 2T/10 = conjunto trator 185 cv + dois transbordos de 10 toneladas cada; 1T/30 = conjunto trator 230 cv + transbordo de 30 toneladas; 1C/20 = conjunto caminhão + transbordo de 20 toneladas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O incremento do GC após os eventos de colheita indica que os efeitos do preparo do solo no alívio da compactação durante a reforma do canavial foram anulados pelos efeitos do tráfego e pela reconsolidação natural do solo e sua ação praticamente desapareceu após a colheita mecanizada (ESTEBAN et al., 2019), caracterizando sua curta duração. O rompimento mecânico da estrutura do solo durante as operações de preparo elimina o histórico de tensões do solo reduzindo a sua capacidade de suporte de carga (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019), aumentando, portanto, os riscos de novos processos de compactação nos próximos eventos de tráfego. Incremento no GC ocorreu em todos os tratamentos após a primeira operação de colheita, corroborando os resultados reportados por Ortiz et al. (2022) ao verificarem um maior incremento no GC após a primeira colheita mecanizada da cana-de-açúcar em um argissolo no Nordeste do Brasil.

CONCLUSÕES: Os efeitos do preparo do solo no alívio da compactação durante a reforma do canavial demonstrado pelo grau de compactação foram anulados pelos efeitos do tráfego na operação da colheita mecanizada.

AGRADECIMENTOS: O autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de estudos, Usina Cerradão pelo fornecimento da área experimental e a fundação AGRISUS e FAPESP pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- ESTEBAN, D. A.; SOUZA, Z. M.; TORMENA, C. A.; LOVERA, L. H.; LIMA, E. S. OLIVEIRA, I. N.; RIBEIRO, N. P. Soil compaction, root system and productivity of sugarcane under different row spacing and controlled traffic at harvest. **Soil and Tillage Research**, v.187, n.1, p.60-71, 2019.
- FAO; ITPS - **Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, World's Soil Resources**. Rome, FAO, 2015.
- GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; DISERENS, E.; DE MARIA, I. C.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M. Prediction of soil stresses and compaction due to agricultural machines in sugarcane cultivation systems with and without crop rotation. **Science of the Total Environment**, v.681, p.424-434, 2019.
- JIMENEZ, K. J.; ROLIM, M. M.; LIMA, R. P., CAVALCANTI, R. Q.; SILVA, Ê. F.; PEDROSA, E. M. Soil physical indicators of a sugarcane field subjected to successive mechanised harvests. **Sugar Tech**, v.23, n.4, p.811-818, 2021.
- 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.
- LIMA, R. P.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. C.; SILVA, A. R.; MENDONÇA, E. A. S. Compressive Properties and least limiting water range of Plough pan in sugarcane Fields. **Soil and Use Management**, v.37, n.3, p.533-544, 2021.
- ORTIZ, P. F. S.; ROLIM, M. M.; LIMA, R. P.; TORMENA, C. A.; CAVALCANTI, R. Q.; PEDROSA, E. M. R. A soil physical assessment over three successive burned and unburned sugarcane annual harvests. **Sugar Tech**, v.24, p.1-13, 2022.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3 Ed. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017, 573p.