

ATRIBUTOS FÍSICO-MECÂNICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO COM USO DE PILOTO AUTOMÁTICO NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR

DIEGO ALEXANDER AGUILERA ESTEBAN¹, ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA²,
ELIZEU DE SOUZA LIMA³, LENON HENRIQUE LOVERA⁴, INGRID NEHMI DE
OLIVEIRA⁵, GABRIEL ZAMAI DE GODOY⁶

¹Engenheiro Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola (Água e Solo), FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP, Fone: (11) 99197-4180, daaesteban@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP

³Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Agrícola (Água e Solo), FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola (Água e Solo), FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP

⁵Engenheira Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola (Água e Solo), FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP

⁶Estudante de graduação em Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A colheita mecanizada da cana-de-açúcar resulta em tráfego aleatório promovendo o aumento da compactação do solo em grande parte da área do canavial. Diante disso o piloto automático se apresenta como uma alternativa que minimiza a área compactada nos canaviais, na procura de preservar uma condição de solo mais favorável para o desenvolvimento da cultura. O objetivo desta pesquisa foi avaliar as alterações em atributos físico-mecânicos do solo sob sistemas de tráfego agrícola com uso de piloto automático, após colheita da segunda cana soca. Foram avaliadas as seguintes configurações de espaçamento da cultura e manejo do tráfego: SPA = espaçamento simples a 1,5 m entrelinhas e colheita sem piloto automático; SCPA = espaçamento simples a 1,50 m entrelinhas e colheita assistida com piloto automático; DCPA = espaçamento duplo combinado a 1,5 × 0,9 m e colheita assistida com piloto automático. O uso do piloto automático na colheita mecanizada da cana-de-açúcar influenciou na densidade do solo e pressão de preconsolidação (σ_p), com menor σ_p nos manejos com piloto automático no canteiro. A porosidade total e resistência do solo à penetração somente apresentaram diferenças significativas no tratamento DCPA entre os locais avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade do solo, resistência do solo à penetração, pressão de preconsolidação.

PHYSICAL-MECHANICAL ATTRIBUTES OF A LATOSSOLO VERMELHO WITH USE OF AUTOMATIC STEERING AT SUGARCANE HARVESTING

ABSTRACT: The mechanized sugarcane harvesting results in random traffic enhances soil compaction in a large part of sugarcane area. Therefore, the use of automatic steering is an alternative that minimizes the compacted area, in order to preserve a more favorable soil condition for the development of the crop. The aim of this research was to evaluate the changes in the soil physical-mechanical attributes under agricultural traffic systems using automatic steering, after the second ratoon harvest. Were evaluated the following crop spacing and traffic management: SPA = sugarcane planted in a single-row spacing at 1.5 m and with conventional traffic; SCPA = sugarcane planted in a single-row spacing at 1.5 m and with automatic steering; DCPA = sugarcane planted with double-combined row spacing at 1.50 x 0.90 m and with automatic steering. Automatic steering on the mechanized sugarcane harvesting influenced soil density and preconsolidation pressure in the seedbed, resulting in

lower values in the automatic steering managements. Total porosity and soil resistance to penetration only showed significant differences in DCPA treatment among the assessed sites.

KEYWORDS: bulk density, soil penetration resistance, preconsolidation pressure.

INTRODUÇÃO: Com a tecnologia convencionalmente usada na produção de cana-de-açúcar no Brasil, ocorre tráfego aleatório ocasionando compactação do canavial em aproximadamente 60% da superfície do solo, degradando sua qualidade física o que afeta a exploração do sistema radicular pelos recursos do solo e influência o desenvolvimento e produtividade da cultura (MAGALHÃES et al., 2012). Nesse sentido, o controle de tráfego agrícola com uso do piloto automático se apresenta como um dos meios efetivos para o manejo da compactação, mediante o confinamento de toda a carga das rodas em linhas de tráfego permanentes em uma menor área, resultando em maior área não trafegada destinada ao crescimento das plantas (GALAMBOŠOVÁ et al., 2017). A qualidade física do solo exerce importante função nos estudos de indicadores de sustentabilidade, pois apresenta estreita relação com as reações químicas e biológicas ocorridas entre o sistema solo-planta (STRECK et al., 2008). Diante do exposto, faz-se necessário avaliar as condições físicas do solo em diferentes sistemas de manejo no tráfego durante as operações de colheita mecanizada, com a finalidade de caracterizar o manejo mais adequado para o desenvolvimento da cultura. Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos atributos físico-mecânicos do solo sob sistemas de tráfego agrícola com uso de piloto automático.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em área experimental na Usina Santa Fé (Nova Europa-SP) estabelecido em novembro de 2012, num Latossolo Vermelho de textura média (Tabela 1) cultivado com cana-de-açúcar, na safra agrícola 2015/2016 após terceira colheita mecanizada (segunda cana soca). Foram avaliados três tratamentos num desenho de blocos ao acaso com quatro repetições: SPA e SCPA = cana-de-açúcar plantada com espaçamento simples a 1,5 m entrelinhas e colheita sem e com auxílio de piloto automático, respectivamente, e DCPA = cana-de-açúcar plantada com espaçamento duplo combinado a 1,5 x 0,9 m e colheita assistida com piloto automático. O maquinário utilizado na colheita da cultura foi composto por: colhedora CASE B8800 (bitola de 1,9 m, rodados de esteira de 0,47 m de largura e peso de 20,6 Mg); transbordos ANTONIOSI ATA-8000 (bitola de 3,0 m, pneus 600/50-22,5, peso de 6,5 Mg e capacidade de 8,5 Mg); tratores VALTRA BH180 (bitola de 2,1, pneus dianteiros 600/60-30.5, pneus traseiros 710/70 R38 e peso de 10,5 Mg). Nos tratamentos SCPA e DCPA, foi usado o sistema de piloto automático Topcon System 150.

TABELA 1. Caracterização granulométrica e física de um Latossolo Vermelho antes da implantação da área experimental no município de Nova Europa-SP.

Camada (m)	Areia	Silte	Argila	Dp	Ds	MaP	MiP	PT
	-----	(g kg ⁻¹)	-----	--- (Mg m ⁻³) ---		-----	(m ³ m ⁻³)	-----
0,0-0,1	613,7	171,9	214,4	2,67	1,32	0,09	0,33	0,42
0,1-0,2	623,5	158,4	218,1	2,66	1,34	0,08	0,34	0,42
0,2-0,3	575,2	161,0	263,8	2,75	1,36	0,08	0,36	0,44

Dp = densidade da partícula; Ds = densidade do solo. MaP = macroporosidade; MiP = microporosidade; PT = porosidade total.

Os atributos físico-mecânicos do solo foram avaliados na entrelinha (EL, a 0,75 m da linha de plantio) e no canteiro (C, a 0,375 m da linha de plantio), na camada superficial de 0,0-0,1 m e na camada de máxima resistência do solo à penetração identificada na profundidade 0,2-0,3 m. A resistência do solo à penetração (RP) foi obtida por meio de um penetrômetro de impacto IAA/Planalsucar (STOLF et al., 2014). A Densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico e a porosidade total (PT) foi obtida conforme Teixeira et al. (2017). A estabilidade de agregados foi obtida por agitação via úmida de acordo com Kemper

e Chepil (1965) com cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP). A pressão de preconconsolidação (σ_p) foi determinada mediante ensaio de compressão uniaxial de acordo com Silva et al. (2015). Foi realizada análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ($p < 0,05$) para avaliar as diferenças entre tratamentos e locais de amostragem, quando houve significância, os valores foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O efeito do tráfego das máquinas após três anos de operações mecanizadas na cana-de-açúcar gerou alteração dos atributos físicos do solo resultando em aumento da compactação (Tabela 2). Houve um incremento na Ds nas duas camadas, sendo significativamente maior no tratamento SCT no canteiro na camada de 0,2-0,3 m. A PT diminuiu para todos os tratamentos, locais e camadas avaliadas, com exceção do canteiro na camada 0,2-0,3 m para o SCT, embora os sistemas de manejo somente influenciaram a PT no DCT na camada de 0,0-0,1 m sendo significativamente maior no canteiro. Maiores valores de RP foram constatados na camada de 0,2-0,3 m com valores acima de 3,0 MPa, só sendo significativamente maior na entrelinha para o tratamento DCT nas duas camadas, o que pode causar restrição no desenvolvimento radicular, como constatado por Otto et al. (2011) com valores de RP acima de 2,0 MPa e Ds superior a 1,78 kg dm⁻³. Condições de acumulação da compactação do solo no decorrer dos ciclos da cana-de-açúcar também foi verificado por Braunack et al. (2006) para o mesmo ciclo de cultivo num Cambissolo e Vertissolo sob controle de tráfego. Não entanto, os sistemas de manejo não influenciaram a estabilidade de agregados, corroborando os resultados obtidos por Souza et al. (2014) não encontrando diferenças no DMP entre sistemas de manejo do tráfego com auxílio de piloto automático, contudo, quando foi usado o piloto automático, maiores valores DMP ocorreram no canteiro, indicando também a maior manutenção da estrutura do solo nessa região. A capacidade de suporte de carga foi influenciada pelo manejo do tráfego. Quando usado o piloto automático (SCPA e DCPA), o canteiro nas duas camadas de solo apresentou menor σ_p corroborando os resultados reportados por Souza et al. (2012) e constatando menor compactação neste local em relação à entrelinha.

TABELA 2. Atributos físico-mecânicos do solo após terceira colheita da cana-de-açúcar sob diferentes manejos com e sem controle de tráfego agrícola.

Atributo do solo	Local	Tratamentos					
		SPA	SCPA	DCPA	SPA	SCPA	DCPA
		----- Camada 0,0-0,1 m -----			----- Camada 0,2-0,3 m -----		
Ds (kg dm ⁻³)	EL	1,70Aa	1,63Aa	1,70Aa	1,70Aa	1,69Aa	1,81Aa
	C	1,66Aa	1,62Aa	1,65Aa	1,79 Aa	1,56 Ba	1,71 Aa
PT (m ³ m ⁻³)	EL	0,38Aa	0,39Aa	0,35 Ab	0,38Aa	0,39Aa	0,35Aa
	C	0,40Aa	0,40Aa	0,38 Aa	0,36Aa	0,45Aa	0,40Aa
RP (MPa)	EL	1,65Aa	1,55Aa	1,82 Aa	3,17Aa	3,31Aa	4,01 Aa
	C	1,61Aa	1,48Aa	1,12 Ab	3,27Aa	2,86Aa	2,73 Ab
DMP (mm)	EL	0,88Aa	0,73Aa	0,75Aa	0,51Aa	0,51Aa	0,46Aa
	C	0,86Aa	0,85Aa	0,77Aa	0,59Aa	0,62Aa	0,63Aa
σ_p (kPa)	EL	223,24	218,32	279,38	201,05	230,36	232,77
	C	199,08	131,02	221,53	256,73	147,48	210,21

Ds = densidade do solo; PT = porosidade total; RP = resistência do solo à penetração; DMP = diâmetro médio ponderado; σ_p = pressão de preconconsolidação; EL = entrelinha; C = canteiro; SPA = espaçamento simples sem piloto automático; SCPA = espaçamento simples com piloto automático; DCPA = espaçamento duplo com piloto automático. Médias seguidas por diferente letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os altos valores de Ds, RP e σ_p , indicam o acúmulo da compactação do solo pelo intenso tráfego que ocorre nas áreas de cana-de-açúcar ano após ano constatando que efeito do tráfego nos atributos físicos do solo é acumulativo conforme aumenta o número de colheitas (BRAUNACK et al., 2006), principalmente na colheita da cultura, onde a colhedora, trator e

transbordo trafegam cada entrelinha pelo menos quatro vezes, dois pela colhedora e dois pelo trator com transbordo. Contudo, a concentração do tráfego dos rodados das máquinas sempre no mesmo local, na EL, ano após ano, nos manejos com controle de tráfego, permitiram uma melhor qualidade física do solo no canteiro, como constatado pelos menores valores de RP e Ds, e maior PT nessa região em contraste ao sistema sem controle de tráfego, uma vez que essa região não é trafegada. Não entanto, para garantir a manutenção da qualidade física do solo, o tráfego das máquinas deve ocorrer em teores de água do solo adequado, associados às informações dos limites e estados de consistência do solo, como por exemplo, na faixa de friabilidade, evitando assim, carregamentos indesejáveis que superem a σ_p do solo.

CONCLUSÕES: O uso do piloto automático na colheita mecanizada da cana-de-açúcar influenciou a densidade do solo e pressão de preconsoidação (σ_p), com menor valor para σ_p nos manejos com piloto automático no canteiro. A porosidade total e resistência do solo à penetração somente apresentaram diferenças significativas no tratamento DCPA entre os locais avaliados.

AGRADECIMENTOS: FAPESP (2016/14751-6), CNPq (140955/2019-4) e Usina Santa Fé.

REFERÊNCIAS:

- BRAUNACK, M.V.; ARVIDSSON, J.; HÅKANSSON, I. Effect of harvest traffic position on soil conditions and sugarcane (*Saccharum officinarum*) response to environmental conditions in Queensland, Australia. *Soil and Tillage Research*, v.89, n.1, p.103-121, 2006.
- GALAMBOŠOVÁ, J.; MACÁK, M.; RATAJ, V.; ANTILLE, D.L.; GODWIN, R.J.; CHAMEN, W.C.T.; ŽITŇÁK, M.; VITÁZKOVÁ, B.; ĎUĐÁK, J.; CHLPÍK, J. Field evaluation of controlled traffic farming in Central Europe using commercially available machinery. *Transactions of the ASABE*, v.60, n.3, p.657-669, 2017.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size Distribution of Aggregates. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties*. Madison: American Society Agronomy, p.499-510, 1965.
- MAGALHAES, P.S.G.; NOGUEIRA, L.A.H.; CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; FRANCO, H.C.J.; BRAUNBECK, O.A. Agro-industrial technological paths. In: *Centro de Gestão e Recursos Estratégicos (CGEE). (Org.). Sustainability of sugarcane bioenergy*. 1 Ed. Brasília: CGEE, p.27-69, 2012.
- OTTO, R.; SILVA, A.P.; FRANCO, H.C.J.; OLIVEIRA, E.C.A.; TRIVELIN, P.C.O. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. *Soil and Tillage Research*, v.117, p.201-210, 2011.
- SILVA, R.B.; MASQUETTO, B.J.; LANÇAS, K.P.; SILVA, F.A.M. Desenvolvimento, automação e desempenho de um consolidômetro com interface homem-máquina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.2, p.416-427, 2015.
- SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; ARAÚJO, F.S.; BARBOSA R.S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.4, p.603-612, 2012.
- SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; BARBOZA, R.S.; SOBREIRA, R.B.; SILVA, F.A. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.8, n.1, p.135-146, 2014.
- STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; HORN, R. Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.2603-2612, 2008.
- STOLF, R.; MURAKAMI, J.H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G.; SILVA, L.C.F.; MARGARIDO, L.A.C. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.3, p.774-782, 2014.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª edição revista e ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.