

## RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

CHRISTTIANE F. OLIVEIRA<sup>1</sup>, ZIGOMAR M. SOUZA<sup>2</sup>, DENIZART BOLONHEZI<sup>3</sup>,  
DIEGO DOS S. PEREIRA<sup>4</sup>, EDUARDO S. COSTA<sup>5</sup>, NÁIADE P. RIBEIRO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Campinas-SP, cfoliveira.agr@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Pesquisador Científico, IAC, Ribeirão Preto-SP

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciência do solo, FEIS-UNESP, Ilha Solteira-SP

<sup>5</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

<sup>6</sup>Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no LIII  
Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
06 a 08 de agosto de 2024 – Natal - RN, Brasil

**RESUMO:** A resistência do solo à penetração é um dos principais atributos físicos relacionado ao crescimento das plantas e à compactação. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência do solo à penetração em área cultivada com cana-de-açúcar em sucessão ao amendoim, quando submetida a diferentes manejos do solo, durante o segundo ciclo da cultura. O estudo foi conduzido em área experimental da usina Agrotóxicas, em um Neossolo Quartzarênico, localizada no município de Paraguaçu Paulista, São Paulo. O delineamento experimental foi em faixas com esquema de parcelas subdivididas com três repetições. Os tratamentos estabelecidos foram: T1- preparo convencional; T2- adubo verde com *Crotalaria ochroleuca*; T3- preparo reduzido com *Rip Strip*®; T4- Plantio direto. Foram avaliadas a resistência do solo à penetração (RSP) e o teor de água no solo (TAS) nas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m na linha de plantio (LP), canteiro (C) e entrelinha (EL). O sistema com adubo verde foi o tratamento que promoveu maiores valores de resistência do solo à penetração.

**PALAVRAS-CHAVE:** compactação do solo, *rip strip*®, *Saccharum ssp*

## SOIL RESISTANCE TO PENETRATION IN AN AREA CULTIVATED WITH SUGAR CANE UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

**ABSTRACT:** Soil resistance to penetration is one of the main physical attributes related to plant growth and compaction. Therefore, the objective of this study was to evaluate soil resistance to penetration in an area cultivated with sugar cane in succession to peanuts, when subjected to different soil management, during the second crop cycle. The study was conducted in an experimental area of the Agrotóxicas plant, in a Quartzarenic Neosol located in the municipality of Paraguaçu Paulista, São Paulo. The experimental design was strips with a split-plot scheme. The established treatments were: T1- conventional preparation; T2- green manure with *Crotalaria ochroleuca*; T3- reduced preparation with *Rip Strip*®; T4- Direct planting. Soil resistance to penetration and soil water content were evaluated at depths of 0.00-0.05 m, 0.05-0.10 m and 0.10-0.20 m in the plant row, seedbed (C) and between the row (EL). The green manure system was the treatment that promoted the highest RSP values.

**KEYWORDS:** soil compaction, *rip strip*®, *Saccharum ssp*

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é um dos principais produtores de etanol de cana-de-açúcar, com produção estimada em 568,4 milhões de toneladas, abrangendo 8,2 milhões de hectares em 2022, sendo o Estado de São Paulo responsável por mais de 52% da área nacional cultivada (CONAB, 2022). No Brasil a expansão da cana-de-açúcar vem ocorrendo em áreas de pastagens extensas e degradadas (STRASSBURG et al., 2014). Então o processo de diminuição da qualidade estrutural do solo em áreas de cana-de-açúcar está associado ao manejo intensivo do solo (CHERUBIN et al., 2021). O alto custo da implementação do canavial somado a crise do setor sucroalcooleiro fez com que novos equipamentos fossem implementados no manejo, dentre eles o *Rip Strip*® (Kelley Manufacturing Co.) utilizado em manejos conservacionistas nos Estados Unidos, que realiza preparo em faixas entre 0,20 e 0,46 m de largura por meio de quatro discos corrugados posicionados na vertical e entre 0,25 e 0,45 m de profundidade, por meio de uma haste subsoladora, na linha de plantio (BOLONHEZI et al., 2017). Entretanto, são poucos os estudos realizados utilizando essa nova tecnologia para a cultura da cana-de-açúcar. A utilização de diferentes preparos do solo e o uso de plantas de cobertura na sucessão, podem melhorar a estrutura do solo e o sistema radicular da cultura. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência do solo à penetração em área cultivada com cana-de-açúcar em sucessão ao amendoim, quando submetida a diferentes manejos do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi conduzido em campo, na Fazenda Agrotóxicas, no município de Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo, nas coordenadas de 22°24'53" de latitude sul, 50°34'35" de longitude oeste e altitude de 420 m (Figura 1), em um Neossolo Quartzarênico órtico típico, álico, de textura arenosa com 89, 42 e 869 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia na camada de 0,00-0,20 m, respectivamente (SANTOS et al., 2018).

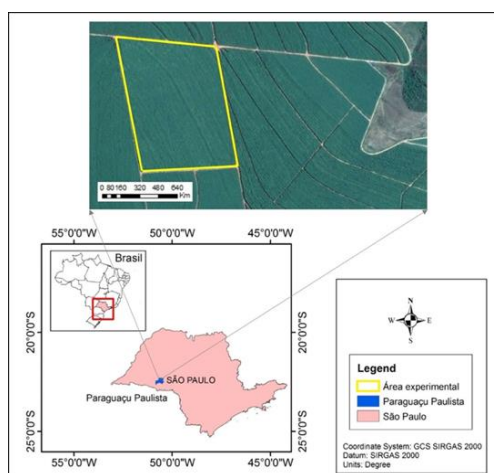


FIGURA 1. Localização da área experimental de cana-de-açúcar em Paraguaçu Paulista, São Paulo, Brasil.

A cultivar de cana-de-açúcar adotada foi a RB 86-7515 e a implantação do experimento obedeceu a um esquema em faixas, com quatro tratamentos: T1- preparo convencional; T2- adubo verde com *Crotalaria ochroleuca*; T3- preparo reduzido com *Rip Strip*®; T4- Plantio direto. O plantio de amendoim foi realizado em novembro de 2016 por meio de uma semeadora Baldan SPA Megaflex Air e um trator Valtra, modelo BM 125i, 132 cv, utilizando 110 kg ha<sup>-1</sup>. O plantio manual da cana-de-açúcar ocorreu em maio de 2017, utilizando espaçamento duplo alternado (linhas duplas com 0,90 m espaçadas a 1,50 m). A determinação da RSP foi realizada por meio de um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar com ângulo de cone de 30°, área do cone de 1,29 cm<sup>2</sup> e haste de 0,7 m de comprimento. A transformação da penetração da haste do aparelho no solo (cm impacto<sup>-1</sup>) em resistência do

solo à penetração foi obtida conforme descrito por Stolf et al. (2014). A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico (TEIXEIRA et al., 2017), utilizando um trado tipo rosca para coleta da amostra de solo nas mesmas profundidades. A análise estatística foi realizada no software R, por meio da análise de variância usando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando houve significância nas interações ou entre os níveis dos fatores, foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foram verificadas interações significativas somente na camada 0,10-0,20 m entre os preparos do solo para o local do canteiro (C), sendo que o maior valor de RSP ocorreu no solo com os manejos T2 e T3 (3,47 e 3,37 MPa, respectivamente) e o menor valor no solo com T4 (1,68 MPa) (Tabela 1). E para os preparos dentro do local da entrelinha (EL), onde o T2 foi o tratamento que proporcionou maior valor RP (3,81 MPa) e T4 e T3 os menores valores (2,29 e 2,18 MPa, respectivamente). Avaliando o local dentro de cada nível de preparo, houve interação significativa entre os locais para todos os tratamentos analisados (Tabela 1). No T1, os maiores valores foram observados para os locais da EL e C (2,93 e 2,48 MPa, respectivamente) e o menor valor para a linha de plantio (LP) (0,90 MPa). No tratamento com adubo verde (T2), as maiores médias de RSP também foram observadas para a EL e C, atingindo valores de 3,81 e 3,47 MPa, respectivamente. No tratamento T3 o maior valor foi para o C (3,37 MPa) e no T4 para a EL (2,28 MPa). Os menores valores médios de RSP foram observados para a LP, em todos os preparos do solo. As maiores médias de RSP variaram de 3,64 a 4,36 MPa, que segundo Sá et al. (2016), está acima do limite considerado aceitável para o pleno desenvolvimento radicular, que seria de 3,80 MPa, porém León et al. (2019) afirmam que em solos não mobilizados anualmente, como é o caso da cana-de-açúcar, valores entre 2,5 e 4,0 MPa não são impeditivos ao crescimento radicular.

TABELA 1. Resistência do solo à penetração (MPa) e teor de água no solo ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) realizada ao final do segundo ciclo da cana-de-açúcar, em Paraguaçu Paulista, São Paulo.

Local	RSP					TAS				
	T1	T2	T3	T4	Média	T1	T2	T3	T4	Média
Camada 0,00-0,05 m										
L	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56 B	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10
C	0,56	0,92	0,80	0,61	0,72 AB	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09
EL	0,79	1,06	1,06	0,63	0,88 A	0,08	0,11	0,10	0,10	0,10
Média	0,64 ab	0,85 a	0,81 ab	0,60 b	-	0,08c	0,10a	0,10ab	0,10b	-
Camada 0,05-0,10 m										
L	0,56	0,65	0,56	0,56	0,58 B	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
C	1,40	2,31	1,96	1,24	1,73 A	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
EL	1,84	2,67	2,00	1,56	2,02 A	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
Média	1,27 b	1,88 a	1,51 ab	1,12 b	-	0,10a	0,10ab	0,10a	0,09b	-
Camada 0,10-0,20 m										
L	0,90aB	1,72 aB	0,99 aC	1,08 aB	1,17	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10
C	2,48abA	3,47aA	3,37aA	1,68bAB	2,75	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
EL	2,93abA	3,81aA	2,18bB	2,29 bA	2,80	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10
Média	2,11	3,00	2,18	1,68	-	0,10ab	0,10a	0,09b	0,09ab	-

RSP = resistência do solo à penetração; TAS = teor de água no solo; T1 - preparo convencional com pousio; T2 - adubo verde com *Crotalaria ochroleuca*; T3 - preparo reduzido com *Rip Strip*®; T4 - plantio direto. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos locais avaliados, verificou-se diferenças significativas em todas as camadas para o ciclo de cultivo avaliado, onde a RPS, na maioria das vezes, foi menor na LP e C comparado com a EL, que atingiu o valor máximo de 2,80 MPa na camada 0,10-0,20 m, aumentando na sequência LP < C < EL. O teor de água no solo durante a avaliação da RSP não apresentou diferenças significativas, tampouco interação entre preparos do solo e locais de amostragens no ciclo avaliado (Tabela 1).

**CONCLUSÕES:** Os resultados mostram que o preparo com adubo verde promoveu os maiores valores médios de resistência do solo à penetração. A qualidade física do solo foi preservada nas regiões do canteiro e da linha de plantio onde não ocorre o tráfego de máquina minimizando o efeito da compactação.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Agrisus (Processo: 2059-17), a CAPES pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e, a Fazenda Agroterenas pelo fornecimento da área de estudos.

#### **REFERÊNCIAS:**

- BOLONHEZI, D.; AMBROSIO, L.M.S.; BARINI, R.T.; BETIOL, V.; GONÇALVES, L.H.O.; SCARPELLINI, J.R.; BOLONHEZI, A. Peanut pod yield and soil compaction in Brazilian conservation agriculture system. VII, WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, Rosário: Argentina, 2017, **Proceedings...** Asociacion Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP), Rosário: Argentina, 2017, p.72-75.
- CHERUBIN, M. R.; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; NOGUEIRA, L. A. H.; SOUZA, G. M.; CANTARELLA, H. Land use and management effects on sustainable sugarcane-derived bioenergy. **Land**, v.10, p.1-24, 2021.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar - Safra 2022/23, v.9 - Terceiro levantamento, n.3, Brasília, p.1-58, 2022.
- LEÓN, H. N.; ALMEIDA, B. G.; DUARTE, C.; CABRAL, G.; FREIRE, F. J.; SOUZA, E. R.; CANTÍDIO, E.; OLIVEIRA, A. Medium-term influence of conventional tillage on the physical quality of a Typic Fragiudult with hardsetting behavior cultivated with sugarcane under rainfed conditions. **Catena**, v.175, p.37-46, 2019.
- SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; FRANZ, C. A. B.; REIN, T. A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 Ed. Revisada e Ampliada. Brasília: EMBRAPA, 2018.
- 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.
- STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P.; VALENTIM, J. F., VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v.28, p.84-97, 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. 573 p.