

## PENETRÔMETRO ELETRÔNICO COM ACIONAMENTO HIDRÁULICO

**CAMILA WEBER LANNGHINOTTI PARISE<sup>1</sup>, GUILHERME LUIZ PARIZE<sup>2</sup>,  
DANIEL SAVI<sup>3</sup>, YASSER ALABI OIOLE<sup>4</sup>, LAURO STRAPASSON<sup>3</sup>, SAMIR PAULO  
JASPER<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro agrônomo, mestre em ciência dos solos, UFPR/Curitiba-PR

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR;

<sup>3</sup> Graduando do curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná – UFPR/Curitiba-Pr,

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências do Solo, UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, Curitiba (PR);

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor Adjunto A, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), UFPR/Curitiba-PR

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

**RESUMO:** A resistência do solo à penetração tem sido utilizada como indicador de compactação do solo, por estar relacionada a importantes atributos do solo e das plantas, também por ser uma medida fácil e rápida de determinação. A determinação da resistência do solo à penetração com uso do penetrômetro orienta para as melhores estratégias para o manejo do solo, favorecendo assim o desenvolvimento das culturas. O objetivo deste trabalho foi validar o penetrômetro eletrônico com acionamento hidráulico versus o penetrômetro eletrônico com acionamento manual. Foram realizadas 36 leituras com cada penetrômetro até a profundidade de 60 centímetros, em seguida os resultados de resistência à penetração, dos equipamentos, foram analisados estabelecendo-se o intervalo de confiança pelo teste t a 10% de probabilidade, a cada 5 centímetros de profundidade. Conclui-se que o penetrômetro eletrônico com acionamento hidráulico operou de maneira corretamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** solo, resistência do solo à penetração, compactação

### ELECTRONIC PENETROMETER WITH HYDRAULIC DRIVE

**ABSTRACT:** Soil resistance to penetration has been used as an indicator of soil compaction, because it is related to important soil and plant attributes, also because it is an easy and quick measure of determination. The determination of soil resistance to penetration using the Penetrometer guides the best strategies for soil management, thus favoring the development of crops. The objective of this work was to validate the electronic penetrometer with hydraulic drive versus the electronic penetrometer with manual activation. 36 readings were performed with each penetrometer to the depth of 60 centimeters, then the results of resistance to penetration of the equipment were analyzed by establishing the confidence interval by the T test at 10% probability, at each 5 centimeters deep. It is concluded that the electronic penetrometer with hydraulic drive operated correctly.

**KEYWORDS:** Soil, soil resistance to penetration, compaction

**INTRODUÇÃO:** A compactação dos solos agrícolas é um tema de crescente importância para agricultura e tem se tornado um fator limitante para a produtividade agrícola, pois a mesma afeta as propriedades físicas do solo e conseqüentemente o crescimento das plantas. A Resistência do Solo a Penetração (RSP) é considerada a propriedade física mais adequada para medir a compactação. E está diretamente relacionada com atributos e condição do solo, como textura, densidade, matéria orgânica e a umidade no momento da determinação (LIMA et al., 2013a; OLIVEIRA FILHO et al., 2015). Para a obtenção deste parâmetro, a penetrometria vêm sendo empregada através de método indireto, o Índice de Cone, que mede a resistência que o solo exerce em relação à penetração de uma ponta cônica. É uma maneira rápida e fácil de medir a RSP a várias profundidades (MIOTO et al., 2016). Existem diversos tipos e modelos de penetrômetros no mercado, desde penetrômetros de impacto, mecânicos com manômetro e os eletrônicos que coletam e armazenam dados e podem ser operados manualmente ou hidráulicamente. Porém esses diferentes tipos podem apresentar diferença nos dados obtidos em uma mesma área, influenciados principalmente pela velocidade de penetração e a forma e área de projeção da ponteira que penetra no solo (MOLIN et al., 2012). Diante da variabilidade nos valores de RSP em uma mesma área, com diferentes tipos de penetrômetros existentes no mercado, o objetivo deste trabalho foi validar um penetrômetro eletrônico com acionamento hidráulico.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A execução deste trabalho ocorreu na Fazenda Experimental Cangüiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR). A área está localizada entre as coordenadas geográficas: 25°38'80" S e 49°12'49", possuindo uma área de trabalho de 900 m<sup>2</sup> (30 x 30m), onde foram demarcados 36 pontos com 5 m de distância entre cada ponto. O local trabalhado é caracterizado por ser uma área de cultivo anual de milho para silagem, preparada no sistema convencional. O solo desta área foi classificado de acordo com Embrapa (2013), em um CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico e segundo a análise granulométrica realizada (Tabela 1) em um solo de textura argilosa. As leituras de RSP e coletas de solo nesta área aconteceram no dia 23/04/2018, com temperatura mínima de 13°C e máxima de 26°C, sendo a média de 23°C, umidade relativa do ar 61%, sem ocorrência de chuvas.

Tabela 1. Valores de densidade e umidade do solo das áreas

Profundidade (cm)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Teor de água no solo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
00-10	1,24	0,30
10-20	1,29	0,34
20-30	1,09	0,37
30-40	1,05	0,37
40-50	1,03	0,39
50-60	1,02	0,40

Para realização do trabalho foi utilizado penetrômetro eletrônico, acoplado no sistema hidráulico de três pontos (SHTP) do trator, acionamento hidráulico (PEH) e um penetrômetro eletrônico de acionamento manual (PEM). O PEH foi desenvolvido no Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA), da Universidade Federal do Paraná, campus de Curitiba. Utilizou-se um pistão hidráulico de dupla ação, com diâmetro interno de 50,8 mm e curso de 1000 mm, e tendo capacidade de projeto estrutural de suportar até 10 kN de força. A vazão hidráulica para o pistão foi fornecida através das VCR do trator New Holland T6050® (de potência nominal de 93 kW), com bomba de engrenagens, com vazão máxima de 70 litros

por minuto. Para realizar o controle da velocidade de penetração da haste ao solo, utilizou-se uma válvula de controle de fluxo hidráulico do tipo agulha da marca Stauff®, com capacidade de 18 litros por minuto colocada após a válvula de centro aberto do equipamento, juntamente com válvula reguladora de pressão da marca Parker® para aliviar a pressão no sistema sempre que este ultrapassasse 8 MPa. Na extremidade da haste do atuador do cilindro hidráulico, foi acoplada uma célula de carga do tipo ZSL, da marca IWM, com capacidade de 5,0 kN e sensibilidade de  $2,0 \pm 0,002$  mV/V e precisão de 99% em seu range de leitura. Os sinais elétricos gerados por esta célula de carga eram armazenados no SAD. Na outra extremidade da célula de carga foi colocada uma haste de aço inox de diâmetro 9,53 mm com ponta cônica, tendo como base 12,83 mm e angulação de 30°. A velocidade de inserção da haste no solo foi aferida em 0,03ms<sup>-1</sup> conforme estabelecido pela norma S313.3 (ASABE, 2012). Para mensurar a profundidade de penetração, utilizou-se um transdutor constituído por um potenciômetro de filamento de aço revestido com náilon ("string potentiometer"), da marca CALT, Modelo CWP-1000, a onde cada pulso, em mW, representa o deslocamento de um milímetro. O PEM utilizado foi o modelo PLG 1020 penetroLOG® da marca Falker, que é um penetrômetro de acionamento manual com registro eletrônico dos dados. Este equipamento foi configurado para fazer medições até a profundidade máxima de 60cm com leituras a cada 1cm. O cone utilizado foi o tipo 2 que apresenta diâmetro de 12,83mm e angulação de 30° e velocidade de inserção da haste de 0,03ms<sup>-1</sup>, conforme estabelecido norma S313.3 (ASABE, 2012). Os resultados de resistência à penetração, dos equipamentos avaliados, foram analisados estabelecendo-se o intervalo de confiança pelo teste t a 10% de probabilidade, a cada 5 centímetros de profundidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** No Gráfico 1 são apresentados os valores de RSP obtidos com o PEH e o PEM. Ambos os penetrômetros foram eficientes na diferenciação dos níveis de RSP do solo. As curvas de RSP geradas por cada penetrômetro seguem a mesma tendência, ao longo do perfil. Nas quais os dois equipamentos foram capazes de identificar as camadas de maiores valores de RSP diagnosticando a camada compactada. Entretanto, os valores obtidos divergiram nos maiores e nos menores níveis de RSP. Demonstrando que o PEH obteve maior sensibilidade para detectar a resistência oferecida a haste ao penetrar o solo do que o PEM. As divergências nos valores de RSP entre os penetrômetros estão associadas ao princípio de funcionamento dos aparelhos, onde o PEH possui uma velocidade de inserção da haste no solo constante em 0,03 m s<sup>-1</sup> conforme estabelecido pela norma S313.3 (ASABE, 2012). Já PEM apesar de ter uma velocidade de inserção também aferida para aproximadamente 0,03 ms<sup>-1</sup> apresenta dificuldades em manter a regularidade na velocidade. Os maiores valores de RSP obtidos pelos penetrômetros nas primeiras camadas de profundidade está relacionado a presença de uma estrutura mais adensada nas camadas superficiais e subsuperficiais. Já os menores valores de RSP na última camada é devido ao efeito do aumento da umidade do solo.

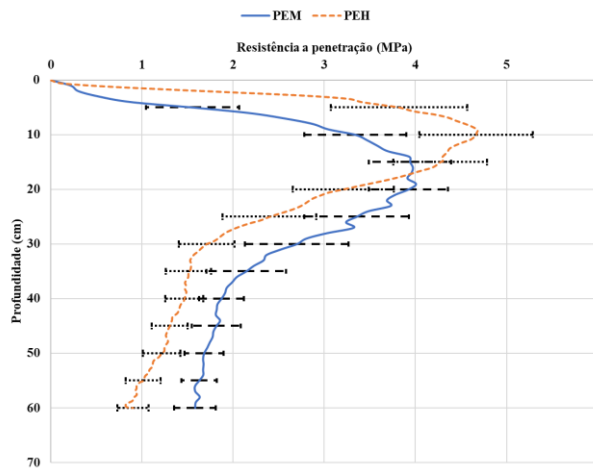


Gráfico 1. Valores de RSP do penetrômetro eletrônico com acionamento manual (PEM) e do penetrômetro eletrônico com acionamento hidráulico (PEH).

**CONCLUSÕES:** Os dois penetrômetros foram eficientes na diferenciação dos níveis de compactação do solo das duas áreas, mesmo apresentando diferenças nos valores de resistência do solo à penetração nas primeiras camadas de solo e na última camada de solo. O penetrômetro eletrônico com acionamento hidráulico operou de maneira satisfatória, apresentando maior sensibilidade ao detectar a resistência oferecida pela haste cônica ao penetrar o solo, assim validando este equipamento que foi construído e desenvolvido.

#### REFERÊNCIAS:

- ASABE - American society of agricultural and biological engineers. Soil cone penetrometer. St. Joseph, 2012. (ASABE standard: S313.3).
- Gee G. W, Bauder J.W. Particle-size Analysis. In: Klute A. (ed.). Methods of soil analysis – Part 1: Physical and mineralogical methods. Madison: Soil Science Society of American 1986. Cap. 16, p.383-409.
- Lima, R. P.; León, M. J.; Silva, A. R. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. Revista Ceres, v. 60, p. 016-020, 2013a.
- Mioto, L. S.; Araujo, M. A.; Seron, C. C.; Lavanholi, R.; Batista, M. A.; Lozano, C. S. Resistência do solo à penetração das raízes avaliada por dois penetrômetros em uma área cultivada com mandioca. Acta Iguazu, v.5, p. 65-79, 2016.
- Molin, J. P.; Dias, C. T. S.; Carbonera, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p. 584–590, 2012.
- Oliveira Filho, F. X.; Miranda, N. O.; Medeiros, J. F.; Silva, P. C. M.; Mesquita, F. O.; Costa, T. K. G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, p. 186-193, 2015.
- Stabile, M. C. C.; Balastreire, L. A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. Engenharia Agrícola, v.26, p.215-223, 2006.