

## CALIBRAÇÃO DE UMA HASTE SULCADORA INSTRUMENTADA COM EXTENSÔMETROS PARA DETERMINAR SUA DEMANDA DE TRAÇÃO

Anderson Miguel Lenz<sup>1</sup>, Marcio Furlan Maggi<sup>2</sup>, Flavio Gurgacz<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, UNIOESTE-Cascavel-PR, fone (45) 3220 3175, e-mail: [andersomm25@gmail.com](mailto:andersomm25@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, fone (45) 3220 7404, e-mail: [marcio.maggi@unioeste.br](mailto:marcio.maggi@unioeste.br)

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – PPGA, fone (45) 3220 3155, e-mail: [flavio.gurgacz@unioeste.br](mailto:flavio.gurgacz@unioeste.br)

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

**RESUMO:** Mensurar a demanda de tração dos implementos tracionados por semeadoras, é um processo muito utilizado para determinar a potência tractoria necessária para tracioná-la além de determinar o efeito de diferentes fatores na demanda de tração. No caso de semeadoras adubadoras, a forma mais utilizada é mensurar a demanda direto na barra de tração, neste caso a demanda sofre influência do nível de massa dos reservatórios. Para contornar este inconveniente, instala-se extensômetros na haste sulcadora a fim de mensurar os esforços neste componente. O objetivo deste trabalho foi de apresentar os resultados da calibração de uma haste sulcadora instrumentada com a instalação de extensômetros. Verificou-se que em todas as repetições teve alta correlação linear entre sinal de tensão em mV e massa em kg. Com um coeficiente de  $r^2$  a 0,999 e pouca variação entre as curvas de carregamento de descarregamento, indicando elevada aptidão para determinar a força aplicada à haste sulcadora, determinando sua demanda de tração.

**PALAVRAS-CHAVE:** compactação do solo, instrumentação, semeadura.

## CALIBRATION OF AN INSTRUMENTED FURROWING SHANK WITH STRAIN GAUGES TO DETERMINE ITS TRACTION DEMAND

**ABSTRACT:** Measuring the traction demand of implements driven by sowing machines is a widely used process to determine the traction power needed to draw it and to determine the effect of different factors on the demand for traction. In the case of fertilizer-planters, the most used method is to measure the direct demand in the drawbar, in this case the demand is influenced by the mass level of the reservoirs. To overcome this drawback, strain gauges are installed on the furrowing shank in order to measure the stresses on this component. The objective of this work was to present the results of the calibration of an instrumented grooving rod with the installation of strain gauges. It was verified that in all the repetitions there was high linear correlation between voltage signal in mV and mass in kg. With a coefficient of  $r^2$  at 0.999 and little variation between the loading unloading curves, indicating high aptitude to determine the force applied to the furrowing shank, determining its traction demand.

**KEYWORDS:** soil compaction, instrumentation, sowing.

## INTRODUÇÃO:

O sucesso do processo de semeadura, depende dentre outros fatores do correto dimensionamento do conjunto Trator-Semeadora. A estimativa prática da demanda de tração em semeadoras-adubadoras é usualmente feita com a instalação de células de carga entre a barra de tração e a semeadora. No entanto, neste método não se consegue determinar a tração em cada uma das linhas ou hastes de maneira isolada, tendo em vista a influência da variação da massa da semeadora-adubadora à medida que esta dispensa o adubo, reduzindo sua massa total.

Com a instalação de extensômetros na haste sulcadora, e registro dos valores de saída destes sensores configurados em forma de Ponte de Wheastone, consegue-se monitorar a suas deformações que são diretamente proporcionais a força aplicada em sua ponteira (Cepik et al. 2006). Com a medição dos esforços aplicados, torna-se possível verificar o efeito dos principais fatores que podem interferir na demanda de tração da haste sulcadora de maneira isolada ou combinada.

Dentre os vários fatores se destacam a umidade do solo, nível de compactação, quantia de massa seca sobre a superfície, profundidade de trabalho, velocidade de deslocamento da semeadora dentre outros (Conte et al., 2008), (Naderi-boldaji et al., 2016), (CHO et al., 2015). Cepik et al. (2010) fixaram uma ponte completa de extensômetros em uma haste sulcadora. Nos ensaios de campo constatou-se que a força de tração variou de 399 a 1474 N. Constatou também que o incremento da velocidade de 4,5 para 6,5 km h<sup>-1</sup>, não produziu incremento com diferença significativa na demanda de força. Já o aumento da profundidade de 6 para 12 cm produziu grande incremento na demanda de potência, à nível de umidade friável passou de 613,7 para 1408,9 N. O aumento da umidade gravimétrica de 0,10 para 0,23 g cm<sup>-3</sup>, a uma velocidade de 6,5 km h<sup>-1</sup>, na profundidade de 12 cm fez com a força de tração partisse de 801,8 para 1158,8 N.

Conte et al. (2008) utilizando a instrumentação desenvolvida por Cepik (2006), avaliou a demanda de tração de hastes sulcadoras em áreas de integração de lavoura pecuária floresta com diferentes pressões de pastejo, neste trabalho observou que a 12 cm de profundidade a média dos valores de tração ficou em 1949 N e passaram para 4319 N a 15 cm de profundidade. Foi possível observar também que conforme aumenta a altura dos restos de pastagem, há uma redução na demanda de tração para profundidade de 12 cm. Neste mesmo trabalho foram realizadas medições resistência a penetração do solo, com o penetrômetro tradicional, e comparadas com os valores de força de tração nas referidas profundidades da haste sulcadora, encontrou-se forte relação linear entre as duas grandezas, para as duas profundidades.

Palma (2013) instrumentou uma haste sulcadora com a colagem de dois *Strain Gauge* (SG), na sua parte frontal. Neste trabalho o destaque fica para a utilização da análise de elementos finitos, para simular a força que será aplicada e verificar qual região apresentará as maiores deformações, com o intuito de colar os SG neste ponto visando obter a maior sensibilidade possível. Neste trabalho a calibração foi feita aplicando forças a ponteira da

haste sulcadora, os valores de força neste trabalho variaram de um valor máximo médio de 420 N para a profundidade de 12 cm, até 690 N em uma profundidade de 16 cm.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o resultado do processo de calibração de uma haste sulcadora, que recebeu a instalação dos extensômetros, a fim de verificar sua possível utilização para esta necessidade.

## MATERIAL E MÉTODOS:

A instrumentação da haste sulcadora e calibração, foi realizada no Laboratório de mecanização agrícola - LAMA – na UNIOESTE campus Cascavel-PR. Utilizou-se uma haste sulcadora da semeadora Victoria STARA de 7 linhas. Para determinar os pontos a serem colados os extensômetros, simulou-se uma carga de 4500 N, com auxílio de um software de análise de elementos finitos, verificando os pontos que ocorrem as maiores deformações, para obter o máximo de sensibilidade.

Instalou-se em uma haste sulcadora da semeadora quatro extensômetros, sendo dois ativos dispostos com a grade alinhada com o sentido da aplicação da força e dois perpendiculares (Figura 1.a). Escolheu-se também os instalar no corpo externo da haste, de modo que caso ocorra o rompimento do pino fusível, não haja dano a instalação. Estes extensômetros estão configurados em forma de Ponte de Wheastone completa, de modo a compensar as variações de temperatura que possam ocorrer no ambiente no qual a haste estiver instalada. Utilizou-se um *Datalogguer* Cr-1000, para alimentação da Ponte de Wheastone e registro dos sinais de saída, compondo os dados.

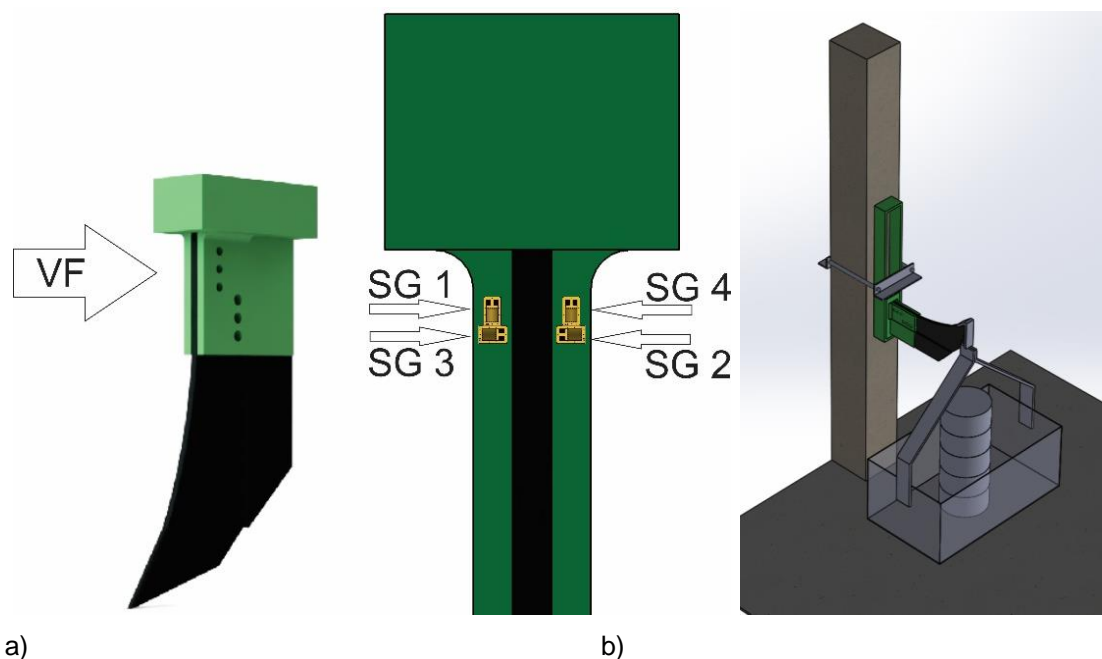


FIGURA 1.a) Detalhes da instalação dos extensômetros. b) Estrutura montada para calibração.

A haste instrumentada foi acoplada em um suporte de modo a ficar disposta paralela ao solo com a ponteira para cima (Figura 1.b). Nesta posição colocou-se em sua ponta um cesto por meio de um conjunto de correntes, onde no seu interior foram dispostos em ciclos de carregamento e descarregamento os 5 pesos de aço de massa conhecida, além do próprio cesto, a fim de conhecer a relação entre peso aplicado e sinal de saída, constituindo a curva de calibração. Realizou-se 3 ciclos de carregamento e descarregamento, para verificar se há variação na resposta do sensor. Avaliou-se a qualidade da resposta com o coeficiente de determinação  $r^2$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

A relação entre sinal de tensão em mV, (microvolts) e massa conhecida aplicada a ponta da haste, apresentou em todas as repetições uma elevada correlação linear, tanto no carregamento como no descarregamento, conforme visualizado na figura 2, onde a letra C representa a curva de carregamento e a letra D apresenta a curva de descarregamento, ou seja o carregamento sequencial dos pesos de aço e o descarregamento sequencial, em cada uma das repetições 1,2 e 3.

O coeficiente de determinação  $r^2$  em todos os casos ficou acima de 0,999 indicando alta dependência entre as duas variáveis, tanto no carregamento como no descarregamento. Conte et al. (2007), Machado (2013) e CHO et al. (2015) encontraram também coeficiente de determinação a níveis maiores que 0,95 no processo de calibração de uma haste sulcadora instrumentada com extensômetros. O coeficiente angular ficou em 0,0056 para todas as retas de calibração construídas.

A histerese mecânica ocorre quando o corpo não volta a sua posição ou forma original após ser aplicado uma determinada força. No caso da haste sulcadora é desejável que independente do sentido de variação da carga seja crescendo ou decrescendo, que a leitura seja igual para uma mesma força aplicada, para se obter uma maior precisão nas medidas, produzindo maior confiabilidade na avaliação dos efeitos produzidos pelos diferentes fatores que afetam a demanda de tração da haste sulcadora. As três curvas de carregamento e descarregamento apresentaram pouco distanciamento entre si, indicando que não possui histerese significativa como visualizado na figura 2.

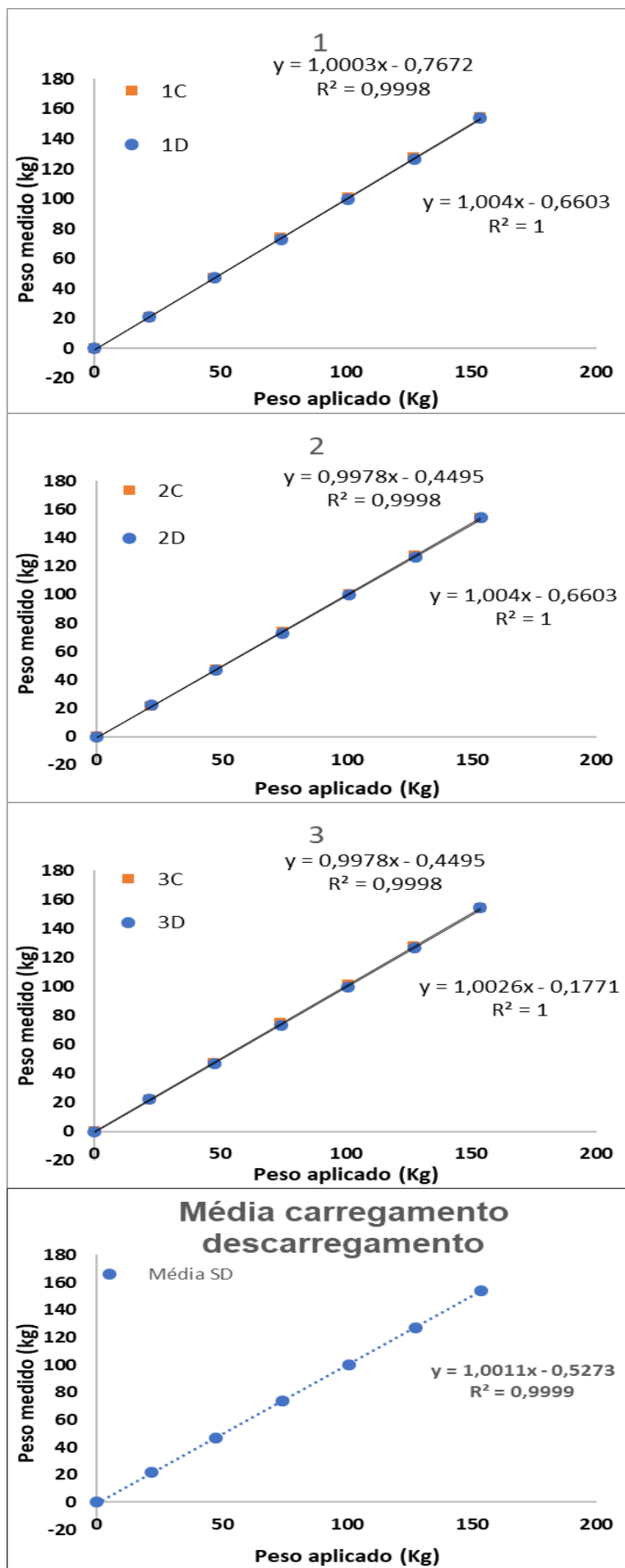


FIGURA 2. Curvas de carregamento e descarregamento em cada repetição e média geral. C: linha de Carregamento, D: Linha de Descarregamento

## CONCLUSÕES:

A partir deste trabalho é possível verificar que uma haste instrumentada com extensômetros é capaz de determinar com exatidão a força aplicada à ponteira da haste sulcadora, com pouca variação entre os ciclos de carregamento e descarregamentos, e pouca variação entre as repetições entre si. Com isto é possível utilizar esta haste sulcadora para verificar a influência dos diversos fatores que interferem na demanda de tração em uma haste sulcadora de uma semeadora adubadora.

## REFERÊNCIAS:

CEPIK, Carla Tatiana Chaves. **Parâmetros de Solo e Máquina em Semeadura Direta com Doses de Cobertura e Configurações de Deposição de Fertilizante**. 2006. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CEPIK, Carla T. C. et al. **Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semadoras-adubadoras**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 561-566, May 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000500015>.

CONTE, Osmar et al. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastes sulcadoras de semadoras-adubadoras em sistema de integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p.730-739, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162008000400013>.

NADERI-BOLDAJI, Mojtaba et al. Predicting the relative density from on-the-go horizontal penetrometer measurements at some arable top soils in Northern Switzerland. **Soil And Tillage Research**, [s.l.], v. 159, p.23-32, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.12.002>.

CHO, Yongjin et al. Development of a Real-Time Measurement System for Horizontal Soil Strength. **Journal Of Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 40, n. 3, p.165-177, 1 set. 2015. Korean Society for Agricultural Machinery. <http://dx.doi.org/10.5307/jbe.2015.40.3.165>.

CONTE, Osmar et al. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p.220-228, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162007000100016>.

MACHADO, Thiago Martins. **HASTES INSTRUMENTADAS COM CONTROLE AUTOMATIZADO DO ESCARIFICADOR ATUANDO EM PROFUNDIDADES**

**VARIÁVEIS.** 2013. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Agronomia (energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

PALMA, Marcos Antonio Zambillo. **DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PONTEIRAS UTILIZADAS EM HASTES SULCADORAS DE SEMEADORAS PARA PLANTIO DIRETO.** 2013. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.