

## AFERIÇÃO DINÂMICA DE DISPOSITIVO COM VISTAS À MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO DE LÂMINAS NO CISALHAMENTO DE PLANTAS

**Hevandro Colanhese Delalibera<sup>1</sup>, Pamela dos Santos Antunes<sup>2</sup>, Luana Rafaela Dias Moreira<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisador, Dr., Área de Engenharia Agrícola e Tecnologias Digitais, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), (43) 3376 2252, hevandro@idr.pr.gov.br

<sup>2</sup> Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), pamella.antunes@gmail.com

<sup>3</sup> Graduação em Agronomia, Universidade do Norte do Paraná (Unopar), luana\_diasmoreira@hotmail.com

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi realizar um experimento para proceder a aferição dinâmica de um dispositivo desenvolvido para avaliar o desempenho de lâminas com design distintos, aplicadas em barra de corte de plataformas universais de colhedoras de grãos. Esta aferição consistiu em uma fase de verificação estática da precisão do dispositivo, a mensuração de sua deformação elástica e, por fim, a fase no qual se aplicou forças de impacto, através de massas e alturas conhecidas, sobre a região instrumentada do dispositivo. Este procedimento foi escolhido, pois, se assemelha ao fenômeno proporcionado no processo corte das plataformas universal de colheita. Após este se calculou três modelos de regressão, sendo dois modelos de base teórica e um a partir das leituras de força de impacto obtidas experimentalmente (ME). O primeiro modelo teórico (M1) tem como entrada a deformação elástica máxima e no segundo (M2) a largura do pulso da onda do pico de impacto, sendo ambos obtidos experimentalmente. A comparação entre M1 e M2 com ME mostrou que o M2 representa melhor o fenômeno mensurado pelo dispositivo e, portanto, pode ser aplicado como meio para esta aferição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Segunda Lei de Newton; modelagem; eficiência

### DYNAMIC DEVICE CALIBRATION IN ORDER TO ASSESS THE BLADES PERFORMANCE IN PLANT SHEARING

**ABSTRACT:** The objective of this study was an experiment to carry out to dynamic calibration of a device developed to evaluate different blades designs performance, applied to the shearing bar of grain harvesting universal header. This consisted of a device static accuracy verification phase, the device maximum elastic deformation measurement and the phase of impact forces applied in device through known masses and heights. The impact force procedure was applying because it is similar to the phenomenon provided in the universal header harvesting cutting process. After these tests, three regression models were calculated, two models with theoretical basis and one from the acquire experimental impact force readings (ME). The first theoretic model (M1) has the maximum elastic deformation as input and the second theoretic model (M2) has the peak impact wave pulse width as input, both of which are experimental obtained. In this study, it was found that M2 best represents created device measured phenomenon and, therefore, it is concluded that M2 can be applied for this calibrating.

**KEYWORDS:** Newton's Second Law; modeling; efficiency

## INTRODUÇÃO:

Atualmente existem disponíveis no mercado diversos modelos de lâminas destinadas a barra de corte de plataformas universais das colhedoras combinadas de grãos, como por exemplo o ângulo de ataque de 30 e 45 graus, tipo de bisel, como serrilhado fino, médio e grosso, ou bisel liso, ângulo de fiação do bisel, etc.. Porém se observa que não há recomendação técnica para a aplicação destas lâminas distintas, que estejam relacionadas ao melhor desempenho de acordo com a cultura a ser colhida. Este fato é devido à falta de metodologias e o elevado custo para o levantamento deste tipo de informação. Uma das formas de se avaliar o desempenho das interações entre máquina e planta, é através das propriedades mecânicas dos materiais vegetais, os quais, definem o comportamento destes quando submetidos a cargas, gerando referências e parâmetros de entrada para um projeto mecânico. Visto a necessidade de se gerar informações sobre o fenômeno interação máquina planta, relacionados ao desempenho de lâminas distintas durante o processo de cisalhamento de hastes de plantas, neste trabalho se propôs desenvolver um dispositivo e método para avaliar o corte de plantas pelo processo de cisalhamento, que simule em bancada as condições dinâmicas de operação de uma barra de corte. Porém para tal, há necessidade de se executar procedimentos físico-matemáticos que representem, comprovem ou corrijam as leituras realizadas por tal dispositivo, para que estas representem a realidade do fenômeno medido.

## MATERIAL E MÉTODOS:

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Agrícola do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER em Londrina-PR. Para este foi projetado e confeccionado um dispositivo que simula em bancada as condições dinâmicas de operação da barra de corte de uma plataforma universal de colhedoras combinadas de grãos (Figura 1A), isto é, proporciona movimento com aceleração senoidal da lâmina a partir de uma rotação aproximada de 550 rpm. A contra faca do equipamento foi instrumentada com um transdutor de força U93<sup>®</sup> de 1kN (HBM), com princípio de mensuração por *strain gage* (Figura 1B), conectado a um *datalogger* cDAQ-9137<sup>®</sup> (National Instruments) através da interface NI-9218, com taxa de aquisição de 51,2 kHz.



Figura 1. A- Módulo de Cisalhamento de Plantas (MCP); B- Mensuração da deformação elástica do dispositivo de mensuração da força

Para aferição do Módulo de Cisalhamento de Plantas (MCP), foram realizados dois procedimentos, sendo uma aferição estática e posteriormente um experimento de aferição dinâmica, através da aplicação de forças de impacto, com um objeto conhecido em queda livre, pois, é o método que mais se assemelha ao fenômeno de corte de plantas por uma barra

de corte e, também, de mais fácil execução experimental. A aferição estática foi realizada utilizando seis massas padrão distintas, as quais foram colocadas sobre a contra faca instrumentada do dispositivo, seguindo metodologia de calibração, visando verificar o desvio de leitura. A deformação elástica do dispositivo foi mensurada através da aplicação de forças conhecidas e um micrometro com escala de 0,01 mm. Para o teste de aferição dinâmica, se confeccionou um aparato experimental constituído de um eletroímã e suporte vertical graduado em milímetros, que, permitiu acertar o dispositivo de leitura do MCP, com massas conhecidas, em queda livre, de forma padronizada. Para tal foram utilizadas três esferas de aço tratado com massas de 4,72, 11,9 e 40,04 g (E1, E2 e E3 respectivamente). Essas foram desferidas sobre o sensor nas alturas de 2,5, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25 e 30 cm. O modelo obtido a partir da resposta experimental da força de impacto (ME), foi comparado com dois modelos físico-teóricos recomendados por Kobusch et al. (2007), Bruns et al. (2006), Kobusch et al. (2015) e PCB Piezotronics (2016), visando encontrar aquele que melhor representa o fenômeno medido pelo dispositivo e princípio do sensor aplicado, para posterior necessidade de correção das leituras de cisalhamento das hastes de plantas. O primeiro modelo (M1), estima a força a partir da energia cinética da massa em queda livre pela deformação elástica máxima do conjunto contra faca instrumentado e, o segundo modelo (M2), calcula a força a partir da segunda Lei de Newton, no qual estima a aceleração através da velocidade teórica de queda pelo tempo (s) transcorrido pela onda de pico de força de impacto ( $\lambda/2$ ), sendo ambos os métodos de estimativa (M1 e M2), a utilização de parâmetros (deformação e largura de pulso) mensurados experimentalmente. M1 e M2 foram comparados com o ME através do método de comparação entre duas regressões, o qual verifica se os valores de coeficiente de regressão e o intercepto são provenientes da mesma população. Também se comparou a resposta experimental com as estimativas teóricas através do teste *t*. As análises dos dados foram realizadas nos softwares NI DIAdem 2017, Microsoft Excel 2018 e Bioestat 5.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Para a aferição estática, encontrou-se erro de linearidade de 0,07% (fabricante 0,5%) considerado aceitável e, portanto, se deu sequência ao procedimento para aferição dinâmica. Para realizar a estimativa da carga de impacto pelo M1 mensurou-se a deformação elástica do dispositivo de leitura da força e, se obteve que esta não é linear (Figura 2) e, portanto, utilizou-se para estimativas até 0,3kN a deformação de  $2,18 \cdot 10^{-5}$  m e  $4,70 \cdot 10^{-5}$  m para estimativas acima de 0,3kN. Após a realização dos ensaios de impacto, obteve-se as leituras da carga de impacto (kN), das quais, se extraiu a largura do pulso pico de impacto para a aplicação no M2. Para esta também se observou que, como na deformação elástica, houve larguras de pulso distintas para leituras inferiores ( $1,09 \cdot 10^{-4}$  s) e superiores ( $1,55 \cdot 10^{-4}$  s) a aproximadamente 0,3kN. Na comparação dos modelos teóricos com o experimental, conforme a Tabela 1, se obteve *p*-valor não significativos, ou seja, não há diferença para o M2 em relação ao ME, para a aplicação de forças de impacto a partir de massas e alturas conhecidas, ou seja, o M2 representa o fenômeno dinâmico mensurado pelo dispositivo de leitura de força para as três esferas (massas) testadas e, portanto, pode ser utilizado para verificar, corrigir ou mesmo estimar através da largura do pulso pico de impacto, as força de cisalhamento de hastes de plantas mensuradas pelo dispositivo MCP, tendo como objetivo, avaliar o desempenho de lâminas de barra de corte distintas, visto que, o modelo experimental não difere do modelo proposto por Kobusch et al. (2007). Também se observou que houve *aliasing* para a taxa de aquisição de dados de 51,2 kHz e, portanto, recomenda-se a utilização de taxas superiores de aquisição, conforme utilizados por Kobusch (2007), o qual utilizou taxa de 100 kHz, para evitar a perda de informação e melhor determinação da largura do pulso de pico de impacto. A aplicação desta taxa de aquisição não foi possível neste trabalho devido a limitação do equipamento utilizado.

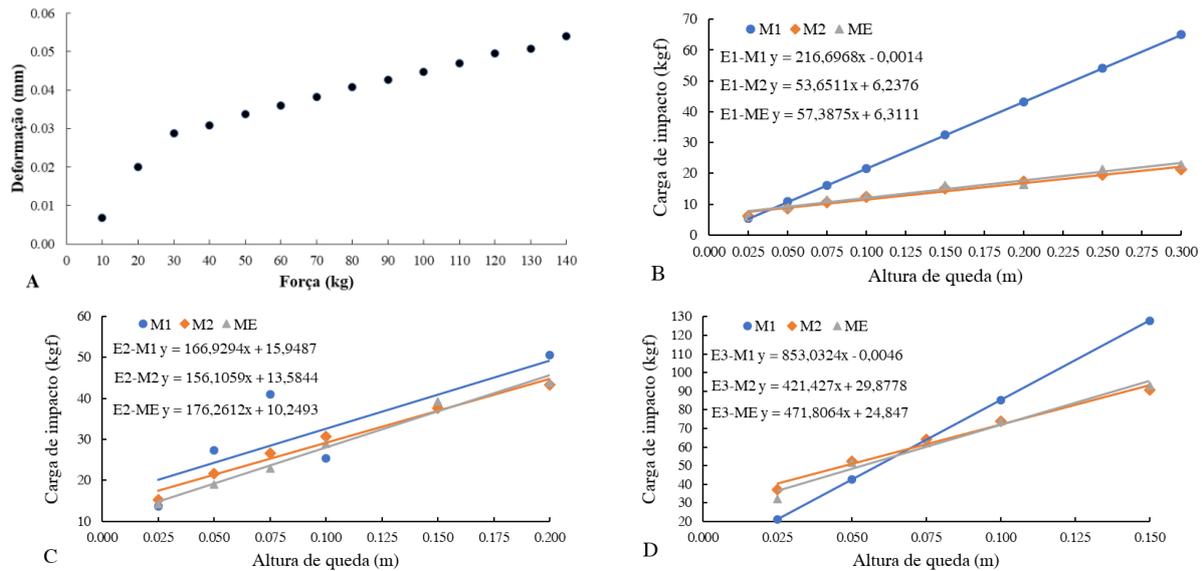


Figura 2. A – deformação elástica mensurada para o conjunto contra face instrumentada; B – modelos estimados para a esfera E1; C – modelos estimados para a esfera E2; D – modelos estimados para a esfera E3

Tabela 1. Comparação entre Modelos de Regressão através do teste  $t$  (A1) e teste  $t$  (A2) aplicado as variáveis dependentes obtidas a partir dos modelos para as esferas (E1, E2 e E3).

Análises aplicadas	E1 <sup>3</sup>		E2 <sup>4</sup>		E3 <sup>5</sup>	
	MExM1	MExM2	MExM1	MExM2	MExM1	MExM2
A1 <sup>1</sup> $p$ -valor para o coef. Regressão	<0,0001*	0,5107	0,7328	0,1016	<0,0001*	0,1421
$p$ -valor para o Intercepto	0,0014*	0,2429	0,0056*	0,0822	0,0319*	0,4987
A2 <sup>2</sup> $p$ -valor teste $t$	0,0104*	0,0534	0,0082*	0,1089	0,2663	0,2190

1- Análise de Comparação entre Regressões; 2- Teste  $t$ ; 3- Massa 1 (4,72 g); 4-Massa 2 (11,9 g); 5- Massa 3 (40,04 g)

## CONCLUSÕES:

Obteve-se que o modelo que utiliza como variável mensurada de entrada, o tempo da largura do pulso pico da força de impacto, melhor representa o dispositivo de leitura de força confeccionado e, portanto, deve ser utilizado na aferição das leituras de cisalhamento das hastes de plantas durante a avaliação do desempenho de lâminas de corte pelo MCP.

## REFERÊNCIAS:

BRUNS, T.; LINK, A.; ELSTER, C. Current Developments in the Field of Shock Calibration. **In:** XVIII IMEKO World Congress Metrology for a Sustainable Development, Set 17 –22, 2006, Rio de Janeiro, Brasil.

KOBUSCH, M.; LINK, A.; BUSS, A.; BRUNS, T. Comparison of shock and sine force calibration methods. **In:** IMEKO 20, TC 3, TC 16 and TC22 International conference cultivating metrological Knowledge, 2007, Merida, Mexico.

KOBUSCH, M.; EICHSTÄDT, S.; KLAUS, L.; BRUNS, T. Investigations for the model-based dynamic calibration of force transducers by using shock excitation. **ACTA IMEKO.** p.45-51, v. 4, n.2, 2015.

PCB PIEZOTRONICS. **Impact and drop testing: with ICP® force sensors.** PCB Piezotronics MTS Systems Corporation, 2016.