

## ANÁLISE DE MEDIDOR DE VIBRAÇÃO MECÂNICA EM COLHEDORA DE CAFÉ

LUIZ DE GONZAGA FERREIRA JÚNIOR<sup>1</sup>, JOÃO BARRETO CUNHA<sup>2</sup>, FÁBIO MOREIRA DA SILVA<sup>3</sup>,  
DANTON DIEGO FERREIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engo. Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFLA - Universidade Federal de Lavras (Campus Universitário, Caixa Postal 3037 CEP 37200-000 Lavras - MG), tel.: (35) 99432449, e-mail: [luizdefj@gmail.com](mailto:luizdefj@gmail.com)

<sup>2</sup>Engo. Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFLA - Universidade Federal de Lavras (Campus Universitário, Caixa Postal 3037 CEP 37200-000 Lavras - MG) e-mail: [bcunha\\_2@hotmail.com](mailto:bcunha_2@hotmail.com)

<sup>3</sup>Engo. Agrícola, Dr. em Eng. Mecânica, Prof. Associado, UFLA - Universidade Federal de Lavras (Campus Universitário, Caixa Postal 3037 CEP 37200-000 Lavras - MG) e-mail: [fmsilva@deg.ufla.br](mailto:fmsilva@deg.ufla.br)

<sup>4</sup>Engo. Eletricista, Dr. em Eng. Elétrica, Prof. Adjunto Dr. UFLA - Universidade Federal de Lavras (Campus Universitário, Caixa Postal 3037 CEP 37200-000 Lavras - MG) e-mail: [danton@deg.ufla.br](mailto:danton@deg.ufla.br)

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** A utilização da mecanização na cafeicultura é fator fundamental para a redução do custo de produção. O Brasil se destaca como maior produtor mundial de café e grande parte dessa produção é mecanizada ou semi mecanizada, utilizando o princípio da derriça por vibração. As colhedoras de café ainda utilizam um sistema analógico para indicar a vibração da operação de derriça, sendo a regulação realizada manualmente pelo operador. Assim, objetivou-se com este trabalho, analisar o sistema indicador de vibração, analógico, de uma colhedora de café automotriz, marca Jacto, modelo K3 Advance. O experimento foi conduzido no Departamento de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Lavras/UFLA, no município de Lavras/MG. Estabeleceram-se três frequências de vibração para o sistema de derriça: 12,5; 14,2 e 15,8 Hz; três posições ao longo do cilindro que compõe as hastes vibratórias: topo, meio e baixo; três repetições e dois sistemas de leitura da vibração, analógico e digital, totalizando 54 tratamentos. Os resultados evidenciaram diferença significativa entre os dois sistemas avaliados. O sistema digital se mostrou mais preciso quanto às variações da vibração. O sistema analógico pode induzir a uma regulação de vibração fora da faixa recomendada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Café, Colheita Mecanizada, Medidor de Vibração.

## ANALYSIS OF MECHANICAL VIBRATION METER AT COFFEE HARVESTER

**ABSTRACT:** The use of mechanization in coffee growing is essential for reducing the production cost. Brazil stands out as the largest world producer of coffee and much of this production is mechanized or semi- mechanized, using the principle of harvesting. The coffee harvesting machines still use an analog system to indicate the vibration of harvesting operation, in which the adjustment is made manually by the operator. Thus, the aim of this work is to analyze the system of vibration measurement, analog, of a self-propelled harvesting coffee, Jet brand, model K3 Advance. The experiment was conducted at Agricultural Mecanization Department of the Federal University of Lavras / UFLA, in Lavras / MG, Brazil. Three vibration frequencies for the harvesting system were used: 12.5, 14.2 and 15.8 Hz, three positions along the cylinder that composes the vibrating rods: top, middle and bottom; three replicates and two systems of vibration reading, analog and digital, totaling 54 data. The results show significant differences between both systems. The digital system has shown to be more accurate for vibration variations. The analog system may induce a vibration setting outside the recommended range.

**KEYWORDS:** Coffee, Mechanized Harvesting, Vibration meter.

**INTRODUÇÃO:** A colheita mecanizada do café, utilizando o processo de vibração, tem contribuído significativamente para a redução dos custos de produção. Segundo SANTINATO et. al. (2014), nos últimos 15 anos a pesquisa técnica e científica auxiliou os produtores e as empresas de máquinas com informações que aumentaram a eficiência das colhedoras. O mesmo autor afirma que os trabalhos científicos serviram para dar suporte técnico às recomendações da correta regulagem das máquinas como velocidade operacional, vibração das hastes, tensão dos freios dos cilindros, número de passadas e sobre os ajustes que devem ser feitos conforme as condições das plantas e do terreno. Dentre essas regulagens destaca-se a da vibração dos cilindros, geralmente recomendado por técnicos e fabricante para se trabalhar na faixa de 750 a 950 ciclos por minuto. Essa regulagem, nas colhedoras de café, é realizada pelo próprio operador através de um comando manual e sua leitura, na maioria das máquinas, é feita através de um indicador de ponteiros. Tipos de medidores como esse, podem ser influenciados por três tipos de erros: grosseiros, ocasionados devido a uma falta de atenção do operador; sistemáticos, erros que afetam o resultado sempre no mesmo sentido, por exemplo, pela incorreta posição do operador em relação ao indicador; e os erros aleatórios, que estão associados à natural variabilidade dos processos físicos, levando a flutuações nos valores medidos (CABRAL, 2004). A faixa de vibração dos cilindros recomendada para a colheita do café, citada anteriormente corresponde a 12,5 e 15,8Hz, respectivamente. Se existir um erro de leitura da vibração, seja ele: grosseiro, sistemático ou aleatório, poderá induzir a uma vibração fora da faixa recomendada, comprometendo a colheita. Baseado nisso, objetivou-se com esta pesquisa analisar o medidor de vibração mecânica dos cilindros de uma colhedora de café automotriz em relação a um sensor analógico/digital, por meio do erro relativo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os ensaios foram conduzidos no Setor de Máquinas e Mecanização Agrícola, localizado no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, no município de Lavras, MG, Brasil. Utilizaram-se para os ensaios de vibração: uma colhedora de café automotriz da marca Jacto, modelo K3-Advance, fabricada em 2000 (Figura 1), um medidor de vibração desta própria máquina, que utiliza o sistema analógico de ponteiro em escala graduada e um sensor acelerômetro capacitivo modelo MMA7361 em conjunto com um micro controlador alimentado por uma bateria de 9 Volts. O experimento foi conduzido por delineamento inteiramente casualizado por parcelas subdivididas, com três repetições formando um fatorial 2 x 3 x 3 x 3, sendo dois sistemas de medição da vibração (analógico e digital), três vibrações do cilindro (750, 850 e 950 ciclos por minuto, correspondendo a 12,5, 14,2 e 15,8 Hz respectivamente), três posições de coleta da vibração (em baixo, no meio e no topo do cilindro vibrador) e três repetições respectivamente, totalizando 54 tratamentos. Durante os ensaios a colhedora permaneceu parada, e o motor funcionando a uma rotação constante de 1800 rpm, alterando apenas a rotação do cilindro vibrador. Além da regulagem de vibração dos cilindros, segundo recomendações de catálogo do fabricante, é necessário estabelecer uma regulagem do torque dos cilindros, realizado através da pressão exercida por molas que se prendem a uma cinta que envolve a parte superior do cilindro. Para essa regulagem, utilizou-se a metodologia proposta por SALES (2011) e o torque permaneceu, durante todo o ensaio, em 64,33 Nm, o que corresponde a 12 kgf no freio sendo verificada com utilização de um dinamômetro digital portátil. Para avaliação do medidor analógico, o qual indica vibração por meio de um ponteiro em uma escala graduada, fixou-se esse medidor nas três regulagens de vibração recomendadas, obtendo como variação, a diferença de vibração coletada pelo sensor e a vibração fixada pelo medidor analógico da máquina. Essa diferença, segundo CABRAL (2004), denomina-se erro absoluto. Para fins de análise do erro em percentagem, adotou-se o cálculo do erro relativo apresentado na Equação 1, que segundo o mesmo autor, o erro relativo é a forma mais usual de representar o erro quando se exprimem erros de medições.

$$Er = \left[ \frac{(Vm - Vv)}{Vv} \right] * 100\% \quad (1)$$

em que,

Er – erro relativo (%);

Vm – valor medido pelo sensor;

V<sub>v</sub> – valor verdadeiro

Os sinais obtidos pelo sensor foram coletados a uma frequência de 2000 sinais a cada 60 segundos, seguindo teorema de NYQUIST (1928), que orienta para que a frequência de amostragem seja igual ou superior a duas vezes a maior frequência do espectro em estudo. Baseado nisso, estimou-se um intervalo de amostragem de 30 mili segundos. Esses sinais foram armazenados em planilhas eletrônicas, em seguida processados pelo programa Matlab<sup>®</sup> e submetidos à análise estatística no programa SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2000).



FIGURA 1. Colhedora automotriz modelo K3-Advance, Jacto.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** De acordo com a Tabela 1 é possível verificar o resumo das médias de vibração obtidas em Hz dos tratamentos de acordo com a frequência de regulagem e posição do sensor. O sinal de vibração apresentou um ponto de não significância em 750 ciclos min<sup>-1</sup> com sensor posicionado na posição inferior do cilindro (parte de baixo). Nas outras posições e vibrações, os medidores apresentaram diferença significativa nas médias de vibração.

TABELA 1. Síntese dos valores do teste de médias para a variável vibração.

Tratamentos	Vibração (ciclos min <sup>-1</sup> )	Posição de coleta da vibração no cilindro		
		Baixo	Meio	Topo
Sensor	750	12,4 a	12,1 a	12,2 a
Medidor analógico		12,5 a	12,5 b	12,5 b
Sensor	850	13,7 a	13,6 a	13,7 a
Medidor analógico		14,2 b	14,2 b	14,2 b
Sensor	950	15,6 a	15,3 a	15,2 a
Medidor analógico		15,8 b	15,8 b	15,8 b
C.V. (%)		0,41	0,46	0,45

C.V.: coeficiente de variação. Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.  
Valores seguidos da mesma letra não apresentaram diferença significativa.

O sensor corresponde ao valor medido e medidor analógico a valor verdadeiro fixado no leitor de vibração da máquina. Percebe-se que os valores médios de vibração do sensor, permaneceram sempre abaixo dos valores de vibração verdadeiros conforme representado pela Figura 2 abaixo:

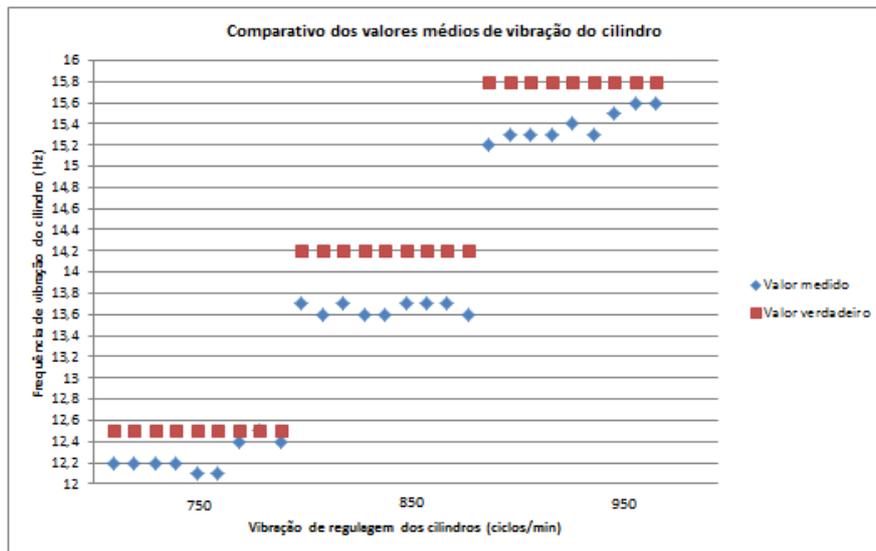


FIGURA 2. Comparativo dos valores médios de vibração do cilindro obtidos pelos dois tipos de medidores em estudo.

Baseado na variação da vibração entre os indicadores analógico e digital observou-se um erro relativo médio da ordem de 2,8 % em relação ao valor verdadeiro de medição, o que indica que a máquina não vibrou na vibração real que foi induzida a vibrar. Como, através do indicador de ponteiro, fixou-se o medidor analógico da máquina nos valores verdadeiros de vibração, livrando-se dos erros grosseiros e sistemáticos, pode-se concluir que o sistema digital, utilizando o sensor, apresentou maior segurança de medição em relação ao medidor analógico, pois, mesmo fixando a vibração da máquina e conferindo a leitura no indicador do medidor analógico, a máquina apresentou essa variação média de 2,8% na vibração o que pode levar ao erro caso o operador regule a máquina para vibrar exatamente nos limites da faixa recomendada, principalmente no limite inferior dessa faixa, pois este apresentou erro absoluto negativo.

**CONCLUSÕES:** Os resultados evidenciaram que o sistema digital se mostrou mais preciso quanto às variações da vibração, enquanto o sistema analógico pode induzir a uma regulagem de vibração fora da faixa recomendada.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPEMIG pelo auxílio aos autores para a participação no evento.

## REFERÊNCIAS

- CABRAL, P.; *Erros e incertezas nas medições*. Apostila Instituto Eletrotécnico Português / Instituto Superior de Engenharia do Porto, v.1, p. 17-18, 2004.
- FERREIRA, D. F.; Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3. In. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000, São Carlos. *Anais...*, São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, p. 255-258, 2000.
- NYQUIST, H. Certain topics in telegraph transmission theory, *IEE Transactions*, v. 47, p. 617-644, 1928.
- SALES, R. S. *Avaliação da regulagem do freio dos vibradores de colhedoras na eficiência de derriça do café*. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, 2011.
- SANTINATO, F, SILVA, R. P., SANTINATO, R.; Novas tendências da colheita mecanizada do café apresentam aumento de eficiência e redução de custo de aproximadamente 50% em relação à colheita manual, além de ser mais seletiva e proporcionar frutos mais valiosos. *Revista Cultivar Máquinas*, n.138, p. 10-13, 2014.