

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES EM CORPO HUMANO

LUIZ FELIPE SOARES RITTI¹, GEICE PAULA VILLIBOR², JOSEPH KALIL KHOURY JUNIOR³, LUCIANO JOSÉ MINETTE⁴, GABRIEL FONSECA PINHEIRO⁵

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, (31) 36126501, luiz.f.ritti@ufv.br

² Engenheira Agrícola e Ambiental, Profa. Adjunta do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, (31) 3612 6523, geice.villibor@ufv.br

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Associado do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, (31) 3612 6501, kalil@ufv.br

⁴ Engenheiro Florestal, Prof. Titular do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, (31) 3612 4201, minette@ufv.br

⁵ Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, (38) 9847-6354, gabriel.f.pinheiro@ufv.br

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
Congresso Online

RESUMO: As vibrações mecânicas encontram-se presentes em quase todas as atividades, tais como em construção civil, indústrias extrativas, exploração florestal e agrícola. Objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um sistema de baixo custo para medição de vibrações de corpo inteiro (VCI) e mão-braço (VMB). O trabalho foi realizado no Laboratório de Projeto de Máquinas (PMA) e no Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA) da Universidade Federal de Viçosa. O sistema foi composto por um acelerômetro triaxial microeletromecânicos (MEMS), modelo ADXL345 e uma Beaglebone Green Wireless utilizando protocolo de comunicação I²C. Para obtenção de todos parâmetros vibracionais foi criado um programa computacional em linguagem Python e uma interface utilizando o software Qt Creator[®]. Os parâmetros vibracionais para caracterizar as VCI e VMB, além dos eixos de referência para medição, foram definidos conforme a norma ISO 2631. O sistema de medição proposto foi calibrado de forma estática e dinâmica. Foi possível medir as vibrações de corpo inteiro e de mão-braço utilizando computador de placa única e acelerômetro MEMS de forma satisfatória para equipamentos e máquinas que apresentam frequências vibracionais até 270 Hz. Além disso, a interface gráfica proposta permitiu ao usuário a execução das medições e análises das vibrações incidentes de forma rápida e simples.

PALAVRAS-CHAVE: computador de placa única; acelerômetros MEMS; ergonomia.

DEVELOPMENT OF A LOW COST DEVICE FOR MEASUREMENT OF HUMAN BODIES VIBRATIONS

ABSTRACT: Mechanical vibrations are present in almost all activities, such as in civil construction, extractive industries, forestry and agricultural exploration. The objective of this work was to develop a low-cost system for measuring whole body (WBV) and hand-arm vibrations (HAV). The work was carried out at the Machine Design Laboratory (PMA) and at the Agricultural Mechanization Laboratory (LMA) of the Universidade Federal do Viçosa. The system was composed of a Micro Electro Mechanical Systems triaxial accelerometer, model ADXL345 and a Beaglebone Green Wireless using I²C communication protocol. To obtain the vibrational parameters, a computer program in Python was created and an interface using the Qt Creator[®] software. The vibrational parameters to characterize the WBV and HAV, in addition to the reference axes for measuring, were defined according to the standard

ISO 2631. The measurement system was static and dynamically calibrated. It is possible to measure whole-body and hand-arm vibrations using a single-board computer and MEMS accelerometer satisfactorily for equipment and machines that have vibrational frequencies up to 270 Hz. Furthermore, the proposed graphic interface allowed the user to perform the incident vibrations measurements and analysis quickly and simply.

KEYWORDS: single board computer, MEMS accelerometer; ergonomics.

INTRODUÇÃO: As vibrações mecânicas encontram-se presentes em quase todas as atividades, tais como em construção civil, indústrias extrativas, exploração florestal e agrícola, fundições e transportes (SIMÕES, 2014). No meio laboral, as vibrações são agentes nocivos que afetam os trabalhadores e que podem ser provenientes das máquinas ou ferramentas portáteis. Ao conhecer as vibrações incidentes no corpo humano, como as Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) e as Vibrações de Mão-braço (VMB), é possível tomar medidas em relação a segurança e saúde do trabalhador. As vibrações podem ser quantificadas e avaliadas por meio das acelerações a que os corpos ficam submetidos (FRANCHINI, 2007). Existem diversos tipos de dispositivos capazes de medir acelerações, alguns com preços altos e outros mais acessíveis. A utilização de acelerômetros microeletromecânicos (MEMS) vem como uma alternativa para os sistemas comerciais. Objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um sistema de baixo custo para medição de vibrações de corpo inteiro e mão-braço utilizando acelerômetros MEMS e computador de placa única.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no Laboratório de Projeto de Máquinas (PMA) e no Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA) da Universidade Federal de Viçosa. O sistema para medição das VCI e VMB foi composto por um acelerômetro triaxial MEMS, modelo ADXL345 e uma Beaglebone Green Wireless (BBGW) utilizando protocolo de comunicação I²C. Foi criado um programa computacional em linguagem Python e uma interface utilizando o software Qt Creator[®]. Todos os comandos e análise dos dados foram feitos em um computador portátil. Os parâmetros vibracionais para caracterizar as VCI e VMB, além dos eixos de referência para medição, foram definidos conforme a norma ISO 2631. Para as vibrações de corpo inteiro, foram determinadas a Aceleração Resultante de Exposição Normalizada (AREN), o Valor da Dose de Vibração (VDV), o tempo de alerta e o tempo limite de exposição diária em horas. Já para a VMB a Aceleração Resultante de Exposição Normalizada para Mão-braço (AREN_{hv}), o tempo de alerta e o tempo limite de exposição. Além disso, foi possível por meio da Transformada Rápida de Fourier encontrar as frequências de excitação dominantes. O sistema de medição proposto foi calibrado de forma estática e dinâmica. A calibração estática consistiu-se no posicionamento do acelerômetro em que apenas o eixo na direção da aceleração da gravidade atuaria. Para calibração dinâmica, foi utilizado um agitador magnético, do modelo LDS V555 (FIGURA 1).

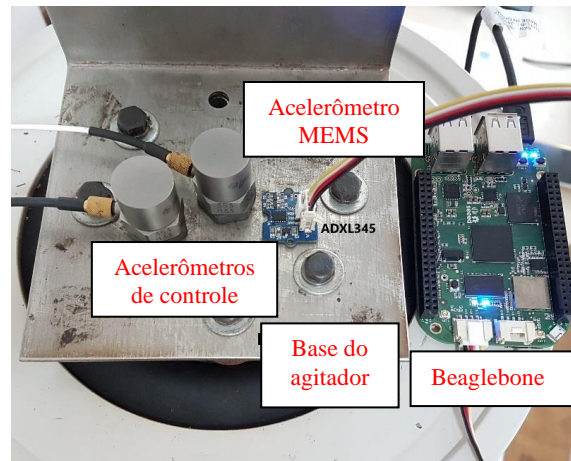


FIGURA 1. Calibração dinâmica do sistema de medição de vibrações mecânicas proposto utilizando um agitador eletromagnético LDS V555.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O dispositivo consistiu de uma computador de placa única, um acelerômetro triaxial MEMS e um computador portátil. Na interface inicial do programa, é possível definir qual tipo de análise será realizada (VCI ou VMB) por meio da confirmação das constantes de calibração específicas para cada análise. Posteriormente, insere-se no programa o número do arquivo texto (*Number of the Text File*), que é a referência da amostra durante a coleta de dados; e o tempo de coleta de dados (*Insert the time in seconds*). Após confirmação, a coleta inicia até o final do tempo estabelecido pelo usuário até que o programa relate que o tempo de coleta foi finalizado (*The time is over*) (Figura 2). A taxa de amostragem de dados atingida foi de 540 Hz, permitindo medições de frequências até 270 Hz, conforme teorema de Nyquist (NATIONAL INSTRUMENTS, 2019).

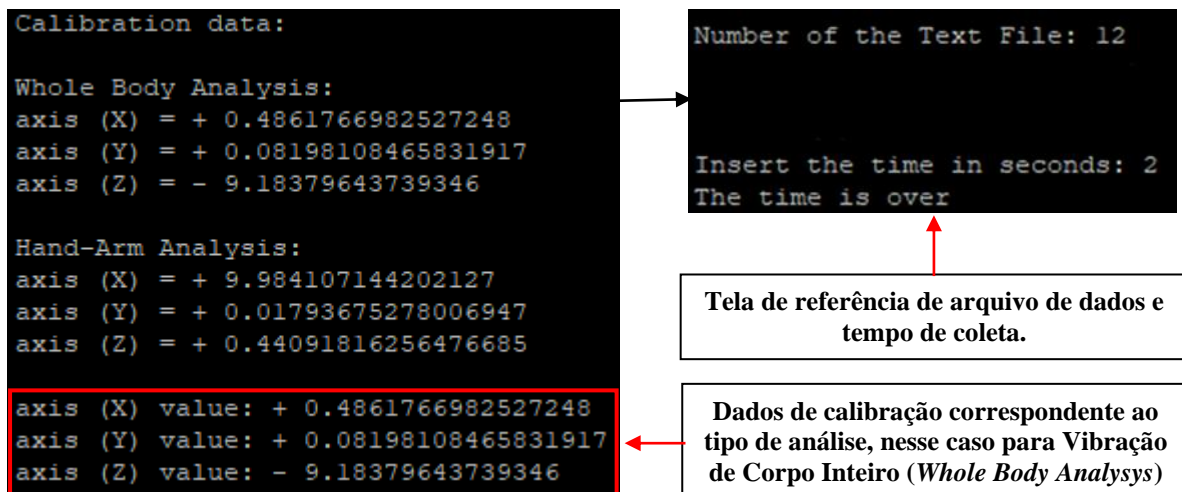


FIGURA 2. Interface inicial para definição do tipo de análise ser realizada, número de referência do arquivo e tempo para realização da coleta de dados de vibrações.

Na Figura 3 (a) está apresentada a janela do programa para VCI, que ao acionar o botão de comando para mostrar resultados (*Show results*), os parâmetros vibracionais relacionados são apresentados. Além disso, é possível a selecionar para análise as acelerações resultantes nos três eixos em função do tempo (Figura 3 – b) e o espectro de frequências dos dados amostrados. Para VMB, tem-se uma janela similar, porém sem a apresentação da VDV. Os dados de aceleração em função do tempo para cada amostragem podem baixados separadamente para outras análises. Após a calibração estática realizada, obteve-se erros, em média, de 1,36; 4,10 e 5,40% para os eixos X, Y e Z, respectivamente, considerados estes

satisfatórios. Por meio dos espectros, verificou-se que os valores de frequências observados foram coincidentes com os valores das frequências de excitação, na faixa proposta para calibração dinâmica. Foi perceptível alguns picos menores fora da frequência dominante, e isto pode ter sido causado por ruídos e possíveis frequências naturais de componentes utilizado para calibração, como, por exemplo, a base do agitador magnético.

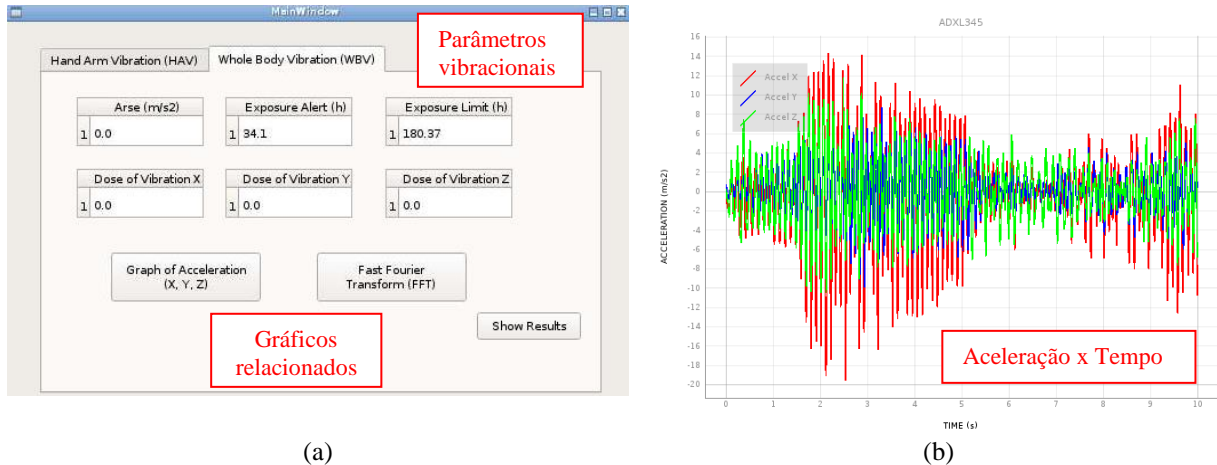


FIGURA 3. Janela para análise de Vibração de Corpo Inteiro (a) e aceleração nos eixos X (vermelho), Y (azul), Z (verde) em função do tempo de coleta de dados (b).

O sistema de medição das acelerações não possui um giroscópio, fato esse que limita a uma única orientação do acelerômetro durante as coletas. Contudo, foi possível desenvolver uma primeira versão do sistema simples, com boa apresentação e manipulação dos dados de vibrações aplicável a uma gama satisfatória de equipamentos e condições operacionais em atividades industriais e agrícolas.

CONCLUSÕES: Foi possível medir as vibrações de corpo inteiro e de mão-braço utilizando computador de placa única e acelerômetro MEMS de forma satisfatória para equipamentos e máquinas que apresentam frequências vibracionais até 270 Hz. Além disso, a interface gráfica proposta permitiu ao usuário a execução das medições e análises das vibrações incidentes de forma rápida e simples.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS:

- FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola.** 2007. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, RS, Brasil, 137p.
- ISO 2631. **Guia para avaliação da exposição humana a vibrações de corpo inteiro.** International Organization For Standardzation, 1978.
- NATIONAL INSTRUMENTS. **Aquisição de sinais analógicos: largura de banda, teorema de amostragem de Nyquist e aliasing.** 2019. Disponível em: <<https://www.ni.com/pt-br/innovations/white-papers/06/acquiring-an-analog-signal--bandwidth--nyquist-sampling-theorem-.html>>. Acesso em: mar. 2020.
- SIMÕES, S. C. **Ruído e Vibrações no Corpo Humano. Avaliação de Ruído e Vibrações – LAUAK PORTUGUESA – Indústria Aeronáutica, LDA.** Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal. Setúbal, 2014.