

VIBRAÇÃO TRANSMITIDA EM OPERADORES DE MOTOCULTIVADORES

MATHEUS M. QUARTAROLI¹, MATHEUS D. DE SOUZA LUCIANO², MARCO A. DRAPÉ³, JOÃO E. G. DOS SANTOS⁴, BENTO R. DE PONTES JUNIOR⁵

¹ Mestrando em Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Bauru - SP, (14) 9-97522742, matheusquartaroli93@gmail.com

² Mestrando em Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Bauru - SP

³ Mestrando em Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Bauru - SP

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor no Departamento de Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Bauru - SP

⁵ Engenheiro Mecânico, Prof. Doutor no Departamento de Engenharia Mecânica, FEB/UNESP, Bauru - SP

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Com a ascensão da tecnologia no setor rural, atividades agrícolas (preparo do solo, adubação, pulverização e colheita) que em pequenas propriedades eram desenvolvidas manualmente ou por animais, estão sendo substituídas por equipamentos mecânicos. O motocultivador é um desses equipamentos que está sendo bastante utilizado, porém seu manuseio causa uma preocupação em relação a ergonomia do operador, devido ao índice de vibração que é transmitida para o usuário, que pode acarretar em problemas de distúrbios vasculares nas mãos. O objetivo desse trabalho foi avaliar o nível de conformidade em relação à vibração de um motocultivador, em situações distintas de operação e propor melhorias para que esses níveis se adéquem as normas ISO-5349:2001 e a Diretiva Europeia 2002/44/EC que avaliam os níveis apropriados de exposição à vibração em mãos e braços. Os testes foram realizados no laboratório de máquinas agrícolas, na Faculdade de Engenharia de Bauru da UNESP, e usado para aquisição dos dados um acelerômetro HVM-100 da Larson Davis, de três eixos (x, y, z). Alguns resultados alarmantes foram obtidos, que estavam muito acima do limite aceitável pelas normas, podendo causar sérios danos aos operadores do equipamento, com isso alguns itens de melhorias foram propostos.

PALAVRAS-CHAVE: ergonomia, motocultivador, membros superiores

VIBRATION TRANSMITTED TO POWER TILLERS OPERATORS

ABSTRACT: Along with the rise of technology in the agricultural sector, activities such as soil preparation, fertilizing, pulverization and harvesting developed by man or animal traction are gradually being replaced by mechanical equipment. The power tillers is mainly chosen due to its large flexibility, but its use brings major concerns regarding the ergonomics of the operators. Due to the high vibration levels transmitted to the users that can cause hand vascular disorders. The aim of this work was to evaluate the conformity of vibration levels of power tillers in different operational situations according to norms ISO-5349:2001 and European Directive 2002/44/EC that evaluate the proper levels of exposition to vibration in hands and arms. Additionally, to propose improvements so this equipment would fit the norms properly. The tests were carried out at the Agricultural Machines Laboratory, of the College of Engineering from Sao Paulo State University, Bauru campus. For data acquisition a three axis (x, y, z) HVM-100 Larson Davis accelerometer was used. Alarming results were obtained, well above the normalized limits, with potential to cause serious damages to the operators. Thus, some improvements were proposed.

KEYWORDS: ergonomics, power tiller, upper limbs

INTRODUÇÃO

E para pequenas propriedades rurais e terrenos com grande declive, o uso de motocultivador é de grande importância, pois apresenta um baixo custo de aquisição, que não justificaria o uso de grandes máquinas, e garante um aumento na produtividade e melhoria no custo de produção (Silveira, 1987). Motocultivadores são compostos por um motor, de potência que varia de 6 a 27 cv, sobre um eixo com duas rodas e guiados por dois guidões, conhecidos como cavalos mecânicos, segundo Silveira (2010). Porém, a utilização dessas máquinas causa uma preocupação com a ergonomia do operador, que está ligado diretamente com a atividade. Com isso, estão sendo analisados fatores e fontes que comprometam a saúde e bem-estar dos operadores. De acordo com Baesso et al. (2015) o ruído e a vibração são os fatores ergonômicos mais prejudiciais aos operadores, mas existem poucos estudos que averiguaram suas consequências para a saúde ocupacional. Níveis elevados de vibrações podem ter efeitos psico-fisiológicos negativos, inclusive aumentando o risco de acidentes (Wictor e Bazzanella, 2012) e a sua redução, além de diminuir o estresse do operador, permite melhorar sua qualidade de vida (Tewari e Dewangan, 2009). Segundo Ragni et al. (1999) 10% de operadores que utilizam pequenos cultivadores por pelo menos 4h diárias, vão sofrer algum tipo de distúrbio vascular nas mãos, devido a vibração intensa, em 3 anos de uso.

São motivos como os mostrados acima que suportam tantos desenvolvimentos e tantas pesquisas para que seja possível compreender como a vibração e suas diferentes distribuições (formas tridimensionais) são recebidas pelo corpo humano (Tiemessen et al. 2007). Dewangan e Tewari (2008), conduziram uma investigação com relação a vibração transmitida da alça do motocultivador para as mãos, braços e ombros do operador.

Os objetivos do trabalho, de modo geral, tendem a entender as relações de vibração não nas máquinas agrícolas em geral, mas sim, em motocultivadores, que são aparelhos potentes, equipados com várias velocidades de trabalho e de avanço (mais uma marcha atrás). Verificar os níveis de vibração em diferentes condições de operação e propor melhorias para que o níveis de vibração se adequem as normas vigentes. Um exemplo de motocultivador é demonstrado na Figura 1.



FIGURA 1. Modelo de um motocultivador.

MATERIAL E MÉTODOS

As medidas de vibração foram executadas na Faculdade de Engenharia de Bauru da Unesp, no Laboratório de Máquinas Agrícolas, onde a pista utilizada (Figura 2), demonstra situações onde o motocultivador é usualmente utilizado, cuja rugosidade considerada é 0,82 e

seu comprimento útil é de 25m.



FIGURA 2. Pista de testes.

Para a aquisição foi utilizado um gravador de dados Larson Davis HVM100 que utiliza um acelerômetro de três eixos. O bloco dos acelerômetros foi fixado ao manípulo do motocultivador observando as recomendações da norma ISO 5349, mostrado de forma esquemática na Figura 3.

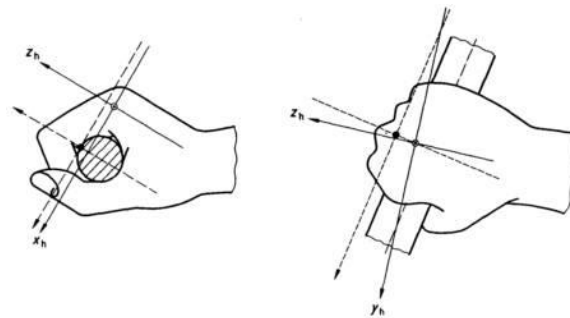


FIGURA 3. Orientação dos eixos do acelerômetro. Fonte: ISO 5349 (2001).

A Figura 4 mostra uma imagem real do bloco dos acelerômetros, fixado ao manípulo durante os testes, assim como o cabo que conecta os acelerômetros ao gravador de dados (azul).



FIGURA 4. Fixação real dos acelerômetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aquisições de dados no motocultivador foram feitas para 4 condições distintas: estático e dinâmico, com alta e baixa rotação em ambas, foi desconsiderado o implemento. As medidas em cada uma das situações descritas, foram feitas em um período de tempo de 60 segundos, e repetidas por 4 vezes. Utilizando o equipamento de medição, obteve-se as acelerações equivalentes, já ponderadas em frequência conforme estabelece a ISO 5349, que estão demonstradas na Tabela 1.

TABELA 1. Acelerações equivalentes obtidas nos testes. **Acceleration equivalents obtained in the tests.**

Estado	Rotação	Aceleração Equivalente, m/s ²				
		1	2	3	4	Média
Estático	Baixa	2.3700	2.3800	2.0700	2.1300	2.2375
Estático	Alta	5.5000	6.1900	6.0800	6.2400	6.0025
Dinâmico	Baixa	2.7700	2.9400	3.0800	3.7800	3.1425
Dinâmico	Alta	7.3800	7.7300	7.7500	7.9600	7.7050

Para melhor compreensão dos dados obtidos, todas as acelerações instantâneas (1 por segundo) foram tabeladas e mostradas no Gráfico 1, em modo de Box Plot. Os pontos discrepantes (outliers) foram desconsiderados para clareza de compreensão.

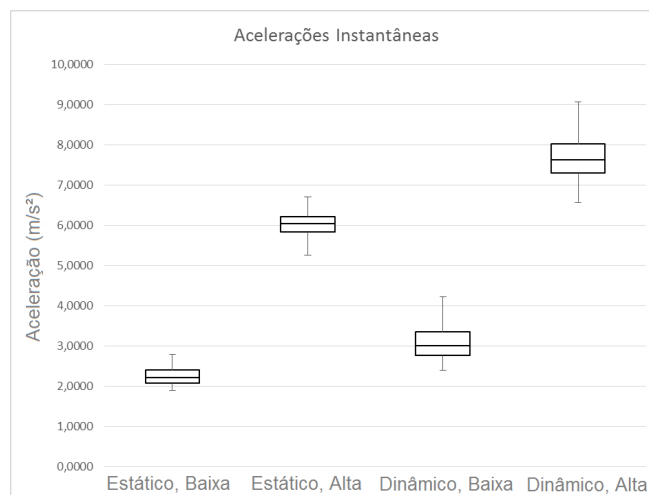


GRAFICO 1. Acelerações Instantâneas por Condição.

CONCLUSÕES

De acordo com o Gráfico 1, observa-se que a dispersão dos dados é relativamente baixa, porém essa dispersão decorre do engrenamento do motor e das condições naturais do solo da pista de teste.

Pode-se observar, na Tabela 1 que todas as condições, exceto o estático em baixa rotação, se encontram em inconformidade com a NHO 10, que tem os limites mostrados na Tabela 2.

TABELA 2. Limites de vibrações. Fonte: adaptado de NHO 10. **Limits of vibration. Source: adapted from NHO 10.**

aren (m/s ²)	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 2,5	Aceitável	Manutenção da condição existente, no mínimo
> 2,5 a < 3,5	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas, no mínimo
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária
Maior que 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Na situação dinâmica e de baixa rotação, conforme NHO 10, sugere-se a adoção de medidas preventivas, que podem ser orientação e informação dos operadores acerca:

- Riscos decorrentes da exposição à vibração em mãos e braços;
- Cuidados e procedimentos recomendáveis para redução da exposição, como, por exemplo, dentro de condições seguras, utilizar o mínimo de força de prensão na sustentação e no deslocamento da ferramenta;
- Buscar ajuda médica sempre que sentir nas mãos, de forma contínua, formigamentos, dormências intensas ou dor;
- Eventuais limitações de proteção das medidas de controle, sua importância e o seu uso correto;
- Informar seus superiores sempre que observar níveis anormais de vibração

durante o uso das ferramentas.

Já nos outros dois casos de inconformidade, ambos de alta rotação, em condições estática e dinâmica, de acordo com a norma e com a situação, pode-se fazer:

- Adequação do maquinário, utilizando coxins na maior fonte de vibrações do motocultivador, ou seja, o motor;
- Redução do tempo de exposição diária;
- Alternância de atividades ou operações que gerem exposições a níveis não apresentem exposições ou impliquem exposições a menores níveis, resultando na redução da exposição diária.

REFERÊNCIAS

BAESSO, M.; MARTINS, G. A.; FISCHER, C.; KOJA F. Ergonomic evaluation of vibration and noise emissions of agricultural tractors based on power and working time. Transactions of the ASABE, p.1177-1184, Set. 2015.

DEWANGAN, K. N.; TEWARI, V. K. Characteristics of vibration transmission in the hand–arm system and subjective response during field operation of a hand tractor. Biosystemsengineering, v. 100, n. 4, p. 535-546, 2008.

FUNDACENTRO. NHO 10: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços. São Paulo, 2013. 53 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), Geneva. ISO 5349-1 – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements. Geneva, 2001a, 24p

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), Geneva. ISO 5349-2 – Mechanical vibration -. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement at work place. Geneva, 2001b, 39p

RAGNI, L.; VASSALINI, G.; XU, F.; ZHANG, L. B.; Vibration and Noise of Small Implements for Soil Tillage. Journal of Agricultural Engineering Research, n. 74, p. 403-409, 1999.

SILVEIRA, G. M. Os cuidados com o trator. Rio de Janeiro: Editora Globo, p. 245, 1987.

SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 418–424, 2010.

TEWARI, V. K.; DEWANGAN, K. N. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. *Biosystems Engineering*, Kidlington, v. 103, n. 2, p. 146-158, 2009.

TIEMESSEN, I. J.; HULSOF, C. T. J.; FRINGS-DRESEN, M. H. W. An overview of strategies to reduce wholebody vibration exposure on drivers: a systematic review.

International Journal of Industrial Ergonomics, Amsterdam, v. 37, n. 3, p. 245-256, 2007.

WICTOR, I.C., BAZZANELLA, S.L. Avaliação ergonômica do nível de ruído e as causas de acidentes de trabalho em empresas madeireiras. Anais da IX SEGET 2012.