

VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS EM TRATOR AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DA PRESSÃO INTERNA DE AR NOS PNEUS E DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO¹, VIVIANE CASTRO DOS SANTOS²,
CARLOS ALBERTO VILIOTTI³, DANIEL ALBIERO⁴, DEIVIELISON XIMENES
SIQUEIRA MACEDO⁵

¹ Prof. Dr. em Mecanização Agrícola, Universidade Federal do Ceará, (85) 3366-9128, aiveca@ufc.br

² Profa. Dra. em Mecanização Agrícola, Universidade Federal do Ceará

³ Prof. Dr. em Mecanização Agrícola, Universidade Federal do Ceará

⁴ Prof. Dr. em Mecanização Agrícola, Universidade Estadual de Campinas

⁵ Dr. em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará

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

RESUMO: Vários fatores podem influenciar na qualidade da operação agrícola como: ruído e vibração. O objetivo do trabalho foi avaliar a exposição do operador às vibrações de mãos e braços em um trator agrícola em função da utilização de três pressões internas de ar nos pneus, duas velocidades de deslocamento e duas superfícies de rolamento. O experimento foi realizado em área experimental, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, com área útil de 0,8 ha. O trator utilizado foi um trator 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), com potência do motor de 91,9 kW (125 cv), rotação máxima de 2300 rpm, equipado com pneus radiais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo: duas superfícies de rolamento (solo solto e solo com cobertura vegetal *Panicum maximum* cv. Mombaça), duas velocidades de deslocamento (4,3 km.h⁻¹ e 6,4 km.h⁻¹), e três pressões internas nos pneus (10, 14 e 18 lb.pol⁻²) para os pneus dianteiros e (12, 16 e 20 lb.pol⁻²) para os pneus traseiros. Para determinar a normalidade dos dados foi utilizada assimetria e curtose. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey para avaliar a diferença entre as médias. Os níveis de vibrações aumentaram em função do aumento da velocidade e da pressão interna de ar nos pneus e diminuíram com o uso de material de cobertura no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Ergonomia. Insalubridade. Material de cobertura.

HAND AND ARM VIBRATION IN AGRICULTURAL TRACTOR IN FUNCTION OF INTERNAL AIR PRESSURE IN THE TIRES AND BEARING SURFACE

ABSTRACT: Several factors can influence the quality of agricultural operation such as: noise and vibration. The objective of this study was to evaluate the operator's exposure to hand and arm vibrations in an agricultural tractor due to the use of three internal air pressures in the tires, two displacement speeds and two rolling surfaces. The experiment was carried out in an experimental area, belonging to the Agricultural Engineering Department of UFC, with a useful area of 0.8 ha. The tractor used was a 4x2 tractor with auxiliary front wheel drive (TDA), with engine power of 91.9 kW (125 hp), maximum rotation of 2300 rpm, equipped with radial tires. The experimental design was completely randomized in a 2 x 2 x 3 factorial scheme, with two rolling surfaces (loose soil and *Panicum maximum* cv. Mombaça vegetation cover), two displacement speeds (4.3 km.h⁻¹) and 6.4 km.h⁻¹), and three internal tire pressures (10, 14 and 18 lb.pol⁻²) for the front tires and (12, 16 and 20 lb.pol⁻²) tires for the rear tires .

Asymmetry and kurtosis were used to determine the normality of the data. The results were submitted to the F test and, when significant, the Tukey test was used to evaluate the difference between the means. Vibration levels increased as a result of increased tire air velocity and air pressure and decreased with the use of cover material in the ground.

KEYWORDS: Ergonomics. Unhealthy. Cover material.

INTRODUÇÃO: Segundo Fernandes *et al.* (2003) a vibração mecânica consiste no movimento de um ponto material ou um corpo, que oscila em torno de uma posição de equilíbrio. Essas vibrações se dão a partir de três eixos ortogonais X (para frente e para trás), Y (para direita e para a esquerda) e Z (para cima e para baixo). A maioria das vibrações em máquinas ou estruturas é indesejável, devido ao aumento de tensão e as perdas de energia. Segundo Goglia *et al.* (2006) a vibração de corpo inteiro é sistêmica e afeta todo o corpo, já a vibração de mãos e braços afeta essas áreas e algumas extremidades do corpo. Os autores ainda concluem que os efeitos crônicos do aumento dos níveis de vibração sobre o operador de trator agrícola são: doenças vasculares, neurológicas e músculo-esqueléticas. Conforme Griffin (1996) a exposição do operador a elevado nível de vibração transmitida à mão durante longos períodos pode ter efeitos prejudiciais sobre a saúde. Exposição de vibração para a mão muitas vezes produz vários transtornos como, neurológico, músculo-esquelético, ossos e articulações, e vascular. Para Cunha *et al.* (2012) a mitigação da vibração está associada à redução da intensidade da mesma na fonte e à diminuição do tempo de exposição. Ainda segundo estes autores faz-se necessário conhecer a realidade das máquinas atuais em termo de vibração e ruído para planejar então a melhor estratégia de combate ao problema. Goglia *et al.* (2006) constataram que os níveis de vibração de mãos e braços em tratores agrícolas eram muito mais elevados nos eixos X e Y do que no eixo Z, em marcha lenta, transporte e em atividades de mobilização do solo. Scarlet *et al.* (2007) afirmam que a intensidade da vibração está diretamente ligada à operação que está sendo realizada, ou seja, o mesmo trator pode proporcionar diferentes valores de vibração de acordo com o equipamento utilizado.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em área experimental pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, localizada nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'S e longitude 38°33'W Grm, com altitude de 20 metros e tipo climático Aw, de acordo com a classificação de Köppen (1918). O solo da área experimental é classificado de acordo com EMBRAPA (2013) como um Argissolo Vermelho-amarelo, apresentando classe textural franco arenoso, com aproximadamente 82,90% de areia, 10,60% de argila e 6,40% de silte (MACEDO *et al.*, 2016). O experimento foi realizado em duas áreas, uma área preparada anteriormente com aração e gradagem e outra não preparada com material de cobertura em superfície, ambas as áreas apresentam relevo plano levemente ondulado. Para formação do material de cobertura foi semeado capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) a lanço, após 90 dias o material foi dissecado com herbicida e tombado, onde se obteve uma estimativa de 6400 kg.ha⁻¹, o experimento foi realizado com a umidade do solo em 10,25%. O trator utilizado foi um 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), com potência do motor de 91,9 kW. Os rodados utilizados foram pneus radiais, 14.9R24 no eixo dianteiro e no eixo traseiro 18.4R34. As velocidades de deslocamento do trator utilizadas foram de 4,3 km.h⁻¹ e 6,4 km.h⁻¹. Para a avaliação de vibração de mãos e braços foi utilizado um acelerômetro triaxial modelo 356A02 fixo ao volante do trator conectado ao medidor de vibração de corpo humano MV-100. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo duas superfícies de contato com os pneus (solo solto e solo com cobertura vegetal em superfície), duas velocidades de deslocamento 4,3 km.h⁻¹ e 6,4 km.h⁻¹ e três pressões internas nos pneus, escolhidas de acordo com a recomendação do fabricante,

sendo (10, 14 e 18 lb.pol⁻²) para os pneus dianteiros e (12, 16 e 20 lb.pol⁻²) para os traseiros, totalizando 12 tratamentos. Foram feitas leituras a cada 1s totalizando 180 amostras coletadas por cada repetição, sendo que foram realizadas 5 repetições para cada tratamento, foi utilizada uma área útil de 0,8 ha. Os dados foram processados no software Noise Studio® 6.95. Para avaliação dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). Utilizou-se o coeficiente de assimetria e curtose para verificar a normalidade dos dados, de acordo com Montgomery (2004) valores maiores que 2 e menores que -2, representam grande desvio da distribuição normal, todos os valores encontrados não ultrapassaram os limites entre 2 e -2 portanto deve-se considerar a hipótese de normalidade dos dados. Comprovada a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta os valores médios de aceleração resultante de exposição normalizada – aren, que correspondente à aceleração resultante de exposição, convertida para uma jornada padrão de 8 horas diárias de acordo com os tratamentos, através da mesma é possível observar que a melhor condição de trabalho para vibrações de mão e braço foi o tratamento T3 que corresponde a área com material de cobertura, velocidade de 4,3 km.h⁻¹ e pressão interna de ar nos pneus mínima (10 lb.pol⁻² nos rodados dianteiros e 12 lb.pol⁻² nos rodados traseiros).

Tabela 1 - Valores médios de aceleração resultante de exposição normalizada (Aren) para vibração de mãos e braços (VMB)

Fontes de Variação	Aren (m.s ⁻²)
Valor de F	758,3*
CV (%)	10,39
T1 - Sem Cobertura/4,3 km.h ⁻¹ /18 e 20 lb.pol ⁻²	2,6 c
T2 - Sem Cobertura /4,3 km.h ⁻¹ /14 e 16 lb.pol ⁻²	2,3 d
T3 - Sem Cobertura /4,3 km.h ⁻¹ /10 e 12 lb.pol ⁻²	2,2 e
T4 - Sem Cobertura /6,4 km.h ⁻¹ /18 e 20 lb.pol ⁻²	3,1 a
T5 - Sem Cobertura /6,4 km.h ⁻¹ /14 e 16 lb.pol ⁻²	2,9 b
T6 - Sem Cobertura /6,4 km.h ⁻¹ /10 e 12 lb.pol ⁻²	2,6 c
T7 - Com material de cobertura/4,3 km.h ⁻¹ /18 e 20 lb.pol ⁻²	2,0 f
T8 - Com material de cobertura /4,3 km.h ⁻¹ /14 e 16 lb.pol ⁻²	1,9 g
T9 - Com material de cobertura /4,3 km.h ⁻¹ /10 e 12 lb.pol ⁻²	1,9 g
T10 - Com material de cobertura /6,4 km.h ⁻¹ /18 e 20 lb.pol ⁻²	2,6 c
T11 - Com material de cobertura /6,4 km.h ⁻¹ /14 e 16 lb.pol ⁻²	2,3 d
T12 - Com material de cobertura /6,4 km.h ⁻¹ /10 e 12 lb.pol ⁻²	2,3 d

Legenda: * (p<0,05); ^{NS} (não significativo). Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). De acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 10 (FUNDACENTRO, 2013) os valores aceitáveis de aren são de 0 a 2,5 m.s⁻², os tratamentos T2, T3, T7, T8, T9, T11 e T12,

obtiveram valores dentro desta faixa, dessa forma apresentam níveis de vibração que não tendem a não comprometer a saúde do operador. A faixa de 2,5 a 3,5 m.s⁻² indica que os valores obtidos estão acima do nível de ação e podem oferecer algum dano a saúde, deve-se reduzir os níveis de exposição do operador, porém ainda é uma condição salubre de trabalho, essa condição foi obtida pelos tratamentos T1, T4, T5, T6, T10. Nenhum dos tratamentos avaliados atingiu a faixa de 3,5 a 5,0 m.s⁻² que corresponde a região de incerteza e nem a faixa acima de 5,0 m.s⁻² que ultrapassa o limite de exposição, sendo essa uma condição insalubre de trabalho. De acordo com Barceló *et al.* (2004) o aumento da velocidade e da rotação do trator agrícola, associados a um menor atrito do implemento agrícola com o solo, podem aumentar a magnitude de vibração, ou seja, ao realizar operações de mobilização, em solos arenosos pode-se intensificar a amplitude de vibração mais do que em solos argilosos e Pinho *et al.* (2014) afirmam que o tipo de equipamento agrícola e características do terreno também influenciam nas magnitudes de vibração.

CONCLUSÕES: A melhor condição de trabalho encontrada foi realizar as operações com material de cobertura sobre o solo, na velocidade de deslocamento de 4,3 km.h⁻¹ em ambas as pressões internas de ar nos pneus avaliadas. Todos os tratamentos avaliados apresentaram condições salubres de trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARCELÓ L. E.; HILBERT J. A.; AUCANÁ, M. Efecto de diferentes presiones de inflado y regulaciones del asiento sobre las vibraciones de cuerpo entero em tractores agrícolas. INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CAUTELAR. 2004.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **Idesia**, v. 30, p.25-34, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SANTOS, H. G. dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- FERNANDES, H. C. *et al.* Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.11, n.1-4, Jan./Dez., 54 2003.
- FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional (NHO-10): avaliação da exposição ocupacional a vibrações de mãos e braços: procedimento técnico. São Paulo: Fundacentro, 2013.
- GOGLIA, V. *et al.* Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 13, p. 33–38, 2006.
- GRIFFIN, M. J. **Hand Book of Human Vibration**. 1. ed. London: Academic Press, 1996.
- MACEDO, D. X. S. *et al.* Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.280–285, 2016.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- PINHO, M. S. *et al.* de um coxim de cabina do trator agrícola na atenuação das vibrações. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.461-468, 2014.
- SCARLETT, A. J.; PRICE, J. S.; STAYNER, R. M. Whole body vibration: evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors. **Journal of Terramechanics, Oxford**, v. 44, n. 1, p. 65-73, 2007.
- SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res.**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.