

NÍVEIS DE VIBRAÇÃO EMITIDOS POR TRATORES AGRÍCOLAS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

MURILO MESQUITA BAESSO¹, RICARDO GONÇALVES ROSA², EDUARDO AROUCHE DA SILVA³, THAINARA REBELO DA SILVA⁴, ALCIR JOSÉ MODOLO⁵ KATHARINE VIANA BATISTA⁶

¹ Eng°. Agrônomo, Professor Doutor, FZEA-USP/Pirassununga – SP, baesso@usp.br

² Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, ricardo.goncalves.rosa@usp.br

³ Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, eduardoarouche@usp.br

⁴ Mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, thainararebelo3@usp.br

⁵ Eng°. Agrícola, Professor Doutor, UTFPR, Pato Branco, PR, alcir@utfpr.edu.br

⁶ Doutoranda em Agronomia – Ciência do Solo, UNESP, Jaboticabal, SP, katharine.batista@unesp.br

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

RESUMO - Os tratores, em geral, produzem vibrações de baixa frequência, que são transmitidas para o posto do operador, culminando em problemas de saúde. Portanto, devem ser eliminadas, ou reduzidas, tanto quanto possível. Partido desse pressuposto, objetivou-se avaliar os níveis de vibração transmitida ao operador emitidos por diferentes modelos de tratores agrícolas em condições de campo agrícola. O ensaio foi realizado com sete tratores de diferentes modelos e potências. Os tratores estudados apresentaram, em geral, níveis de vibração superiores aos estabelecidos por International Standard Organization (ISO) 2631 (1978 e 1997) para 8 horas de trabalho diário, variando entre 5 e 10 Hz.

PALAVRAS-CHAVE: Ergonomia, frequência, ISO 2361

VIBRATION LEVELS ISSUED BY AGRICULTURAL TRACTORS IN FIELD CONDITIONS

ABSTRACT: Tractors, in general, produce low frequency vibrations, which are transmitted to the operator's station, reaching in health problems. Therefore, they should be eliminated, or reduced, as much as possible. Based on this assumption, the objective was to evaluate the levels of vibration transmitted to the operator emitted by different models of agricultural tractors in agricultural field conditions. The test was carried out with seven tractors of different models and powers. The tractors studied presented, in general, vibration levels higher than those established by the International Standard Organization (ISO) 2631 (1978 e 1997) for 8 hours of daily work, ranging between 5 and 10 Hz.

KEYWORDS: Ergonomic, frequency, ISO 2361

INTRODUÇÃO: A operação com tratores agrícolas é refém de dois fatores: o homem (operador) e a máquina (trator) os dois interagem entre si, formando o sistema homem-máquina. A eficiência do sistema (homem-máquina) é dependente de diversos fatores, na qual a ergonomia de produto age sobre estes fatores, na busca por aperfeiçoá-los e aumentar a qualidade da operação das máquinas e do conforto do operador (FELIX et al., 2017).

Dentre os fatores ergonômicos que prejudicam os operadores de tratores agrícolas, a vibração se destaca entre os principais (BAESSO et al., 2017). Essas vibrações provocam sobrecarga física, mental e riscos laborais ao operador, relacionados, má postura e ao próprio processo de trabalho (BARDIERI, 2017). Constituindo-se num dos principais fatores que afeta a atividade de um tratorista, o que repercute nas suas habilidades motoras e intelectuais, como olhar menos para os instrumentos de controle, reduzir a frequência de marcha e tornar-se menos sensível às informações ambientais (BAESSO et al., 2018)

As vibrações mecânicas decorrente do funcionamento da máquina e pela rugosidade da superfície de deslocamento tornam-se problemáticas quando a frequência de partes do corpo humano (considerando-se que o tronco vibra a uma frequência de 4 a 8 Hz), se aproxima à frequência da vibração do trator (1-7 Hz) (SANDI et al. 2018)

Nesse contexto torna-se evidente a necessidade de pesquisas no sentido de melhorar as características ergonômicas dessas máquinas. Portanto objetivou-se avaliar os níveis de vibração emitidos por diferentes modelos tratores agrícolas transmitidos ao operador em condições de campo agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), em área pertencente ao Escritório Administrativo da USP no Campus Fernando Costa, em Pirassununga-SP. A localização geográfica do campus é de 21 ° 59 'de latitude sul e 47 ° 26' de longitude oeste e altitude média de 635 m.

O ensaio foi com realizado com sete tratores, de diferentes potências e anos de fabricação, Massey Ferguson: Trator 1 (potência no motor de 75 cv à 2200 rpm, fabricado no ano de 1996, 6540,4 horas trabalhadas), trator 2 (potência no motor de 86 cv à 2200 rpm, fabricado no ano de 2005, 121,7 horas trabalhadas), trator 3 (potência no motor de 120 cv à 2200 rpm, fabricado no ano de 2005, 7834,5 horas trabalhadas), trator 4 (potência no motor de 173 cv à 2200 rpm, fabricado no ano de 1997, 7472,9 horas trabalhadas), trator 5 (potência no motor de 75 cv à 2200 rpm fabricado no ano de 2011, 701,4 horas trabalhadas), trator 6 (potência no motor de 110 cv à 2200 rpm, fabricado no ano de 2011, 907 horas trabalhadas), trator 7 (potência no motor de 215 cv à 2200 rpm, fabricado no ano de 2012, 161 horas trabalhadas), lotados na Prefeitura do Campus da USP de Pirassununga (PUSP-P).

No que diz respeito à avaliação da vibração, a magnitude primária utilizada foi a aceleração, expressa em $m\ s^{-2}$, com base na ISO 2631 (ISO, 1978). Foi utilizado um analisador de vibração humana, modelo HD-2030HA-WB, marca Delta Ohm, número de série 12062930149 (Figura 1), de responsabilidade do Laboratório de Máquinas Agrícolas e Agricultura de Precisão (LAMAP), o que possibilitou avaliar as vibrações transmitidas por todo o corpo com passagem de banda de filtro. O dispositivo de aquisição de dados foi configurado para ler acelerações de corpo inteiro, com armazenamento a cada segundo.

Em conjunto com o medidor de vibração, foi utilizado um acelerômetro em forma de assento, modelo 356B41, marca PCB Piezotronics, número de série LW145553, de análise tri-axial (Figura 2), também de responsabilidade do LAMAP. Ambos os equipamentos trabalham em conjunto, sendo estabelecido o contato entre o sensor e analisador de vibração, via cabo, para a aquisição e armazenamento dos dados coletados.



Figura 1 - Analisador de vibração



Figura 2 – Acelerômetro em forma de assento

As análises foram realizadas em condição de campo, entendida pela característica do solo mobilizado utilizado para lavouras em geral, onde a máquina trabalhava diretamente. O tempo total de aquisição foi de 5 min, com tratores operando em condições semelhantes, sendo que os sinais foram adquiridos com uma frequência de aquisição de 4.096 Hz.

Para análise da aceleração ponderada eficaz foram utilizados filtros digitais, segundo a metodologia de Berasategui (2000). Os sinais foram transformados para o domínio da frequência, utilizando-se a função FFT (amplitude e fase), sendo filtrados digitalmente em bandas de 1/3 de oitava para obtenção da aceleração eficaz. Os valores máximos obtidos, em cada banda, foram multiplicados por fatores de ponderação, gerando as acelerações ponderadas utilizadas na análise da aceleração eficaz ponderada global na faixa entre 1 e 80 Hz. A faixa entre 5 e 10 Hz foi destacada para estudos de vibração de corpo inteiro devido à sua gama de frequências vibratórias importantes e sua influência na coluna vertebral.

As avaliações foram feitas com o motor do trator em rotação nominal. O assento do trator era original de fábrica, para todos os tratores, e antes do início do teste, era ajustado para o peso e tamanho do operador.

Os resultados foram comparados aos valores recomendados pela ISO 2631 (ISO, 1978) para exposição a limite de exposição (LE), nível de conforto reduzido (NCR) e nível de eficiência reduzida (NER), ambos considerando as 8 horas diárias de trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na figura 3 são apresentadas as distribuições de valores de aceleração em bandas de 1/3 de oitava, para os eixos x (I); y (II) e z (III), respectivamente.

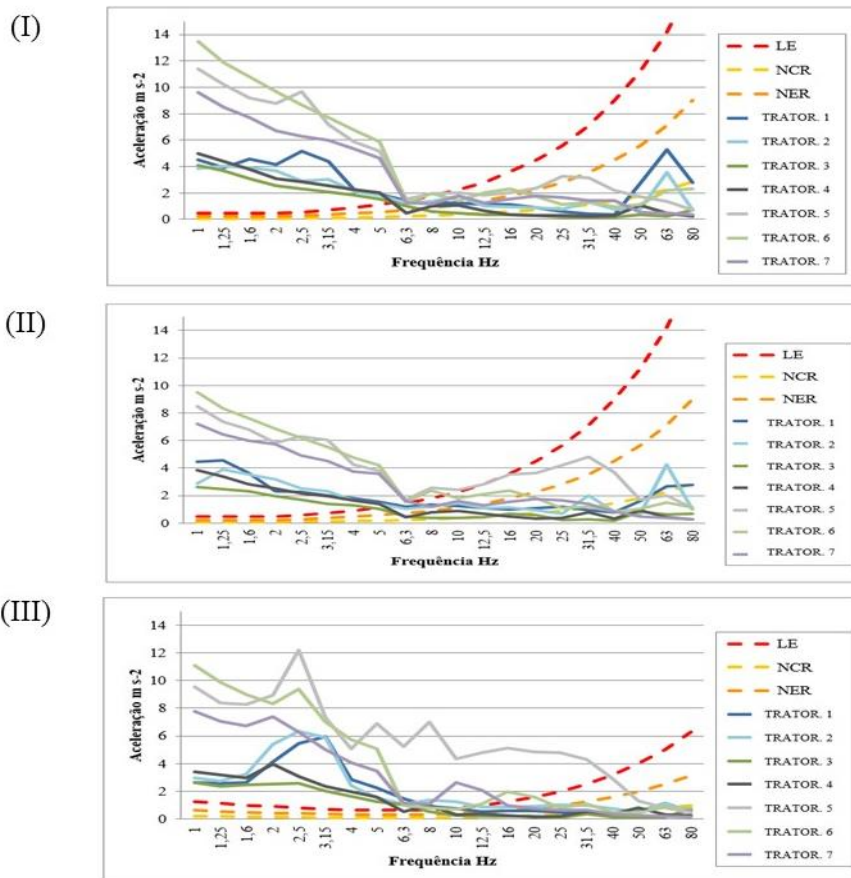


Figura 3 - Aceleração eixo x (I); eixo y (II); eixo z (III) para banda 1/3 de oitava, para os tratores operando em campo de acordo com a norma ISO 2631 (ISO, 1978) para limite de exposição (LE), nível de conforto reduzido (NCR) e nível de eficiência reduzida (NER).

Para os eixos x e y observam-se as curvas descendentes quando em aproximação à faixa entre 5 e 10 Hz, assim como os aumentos notados após a passagem por essa faixa. Ainda para estes eixos, nota-se a constante extrapolação de NCR e NER, com alguns tratores ainda ultrapassando os limites de LE por algumas vezes. Para o eixo z percebe-se alguma proximidade de comportamento dos espectros, porém não tão notória quanto à em x e y.

Verificou-se que os tratores que por mais vezes ultrapassaram os limites, seja LE, NCR ou NER, foram o trator 5 e trator 6. Isso ressalta a falta de estudos relacionados à mitigação de vibrações em projetos de tratores que se utilizam de tecnologias de menor investimento, como a vista nestes tratores (suspensão dos assentos por mola). Uma ressalva a se fazer é quanto ao trator 7 (215 cv), que embora seja um trator também considerado novo entre os estudados e tenha por característica possuir uma maior potência que os demais, este apresentou valores de aceleração dentro de LE por mais vezes que os demais. Tal fato pode ser relacionado também ao fato de o mesmo possuir cabina fechada e ser considerado “top de linha” da marca, no que tange aos quesitos de conforto, como a presença de um sistema de amortecimento a ar, observado na máquina.

Embora a faixa estipulada para as análises se encontre entre os 5 e 10 Hz, notam-se picos de aceleração nos espectros do eixo z, na faixa entre 2 e 4 H. De acordo com Baesso et al. (2018) a presença de tratores ultrapassando os limites do LE denota a probabilidade de desenvolvimento de doenças ocupacionais devido às vibrações incidentes na máquina, bem como a redução da produtividade por extrapolação do NER.

CONCLUSÕES: Os tratores estudados em geral apresentaram níveis de vibração superiores aos estabelecidos pela ISO 2631 (1978) e ISO 2631 (1997) para uma jornada de trabalho de 8h para a faixa de 5 a 10 Hz, nos três eixos estudados (x, y e z) em condições de campo agrícola. Torna-se evidente a necessidade de estudos mitigatórios dos níveis de vibração emitidos pelos tratores agrícolas e suas origens, no sentido proporcionar qualidade de operação no sistema homem-máquina

REFERÊNCIAS

- BAESSO, M. M.; MODOLO, A. J.; BAESSO, R. C. E.; TROGELLO, E. Segurança no uso de máquinas agrícolas: avaliação de riscos de acidentes no trabalho rural. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12(1): 101-109, 2018.
- BAESSO, M. M.; MODOLO, A. J.; MARTINS, G. A.; TROGELLO, E.; FISCHER, C. Vibration levels emitted by agricultural tractors. **African Journal Of Agricultural Research**, v. 12, p. 2919-2925, 2017.
- BARDIERI, J. P. **Atendimento as normas de segurança e ergonomia nos postos de operação de tratores agrícolas**. Dissertação (Mestrado) 129f. UFSM, Santa Maria/RS. 2017
- BERASATEGUI, M. B. R. **Modelización y simulación del comportamiento de um sistema mecánico com suspensión aplicado a los asientos de los tractores agrícolas**. 2000. 264 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2000.
- FELIX, R. O.; SCHUTZER, V. M.; DOS SANTOS, J. E. G. Avaliação dos níveis de vibração transmitidos ao corpo humano por um trator agrícola. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 4, p. 322-326, 2017.
- SANDI, J.; TESTA, J. V. P.; MARTINS, M. B.; FIORESE, D. A.; LANÇAS, K. P. Vibração ocorrente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola em ensaio padronizado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 54-60, 2018.