

VIBRAÇÃO EM TRATORES AGRÍCOLAS: CARACTERIZAÇÃO DAS FAIXAS DE FREQUÊNCIA NO ASSENTO DO OPERADOR¹

Haroldo Carlos Fernandes², Paulo Fernando dos Santos Filho³, Daniel Marçal de Queiros², Arlindo José Camilo⁴, Elton Fialho dos Reis³.

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG-UNESP), SP, no laboratório de vibração e acústica e numa área experimental localizada no município de Guaratinguetá, com os seguintes objetivos: a) caracterizar a faixa de frequência que apresenta os maiores picos de vibração vertical no assento do operador do trator; e b) analisar o conforto do operador comparando os níveis de vibração obtidos, com as principais normas vigentes. Foram utilizados um trator de pneus de 55,2 kW (75 cv) e uma grade destorroadora-niveladora "off-set" de 28 discos. O sistema de aquisição de dados foi constituído por sensores de vibração; condicionadores, amplificadores e um conversor analógico-digital instalados em um microcomputador e embarcados no trator ensaiado. Posteriormente os dados foram tratados pelo programa ORIGIN 50. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que: a faixa de frequência que apresentou os maiores picos de vibração vertical foi entre 2 e 4 Hz e os valores de aceleração ponderada global encontraram-se bem acima dos limites definidos pela norma ISO 2631 para um período de 8 horas de trabalho.

Palavras-chave: ergonomia, trator e vibração

ABSTRACT

Vibration in the Agricultural Tractor : to Characterize the Frequency Range in the Operator's Seat

A study was carried out at the Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá –FEG-UNESP, SP, in the acoustics and vibration laboratory as well as in an experimental area located in Guaratinguetá county. The following objectives were purposed: a) to characterize the frequency range presenting the highest picks of vertical vibration in the tractor operator's seat; b) to analyze the operator's comfort, by comparing the actual levels of vibration with the main current norms. A 55.2 kW (75 hp) tire tractor and an off-set harrow with 28 disks were used. The data acquisition system consisted of some vibration sensors, conditioners, amplifiers, and a digital-analogical converter set-up to a microcomputer and connected to the tested tractor. Later, the data were run in the program ORIGIN 50. Based on the results, the following conclusions were drawn: the frequency range from 2 to 4 Hz presented the highest picks of vertical vibration; the values of the total weighed acceleration were found to be much above those limits determined by the norm ISO 2631 for a 8-working-hours period.

Keywords: ergonomics, data acquisition, tractor and vibration.

¹ Parte da dissertação de Mestrado do 2º autor. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, DEA/UFV.

² Prof. Adjunto IV – DEA/UFV, haroldo@ufv.br

³ Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV – Viçosa/MG.

⁴ Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental - DEA/UFV

INTRODUÇÃO

Ergonomia é o estudo sobre o relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente. Este estudo envolve a aplicação de conhecimentos sobre anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos deste relacionamento. Numa situação ideal, a ergonomia deve ser aplicada às etapas iniciais do projeto de uma máquina, ambiente ou local de trabalho, visando sempre ao conforto e à segurança do operador (IIDA, 1990).

Ferreira et al., em 1988, citados por Vitória (2000), afirmaram que, no Brasil, a preocupação com o trabalhador é, relativamente, recente. Somente a partir década de 70 é que a ergonomia passou a preocupar os profissionais, sendo o setor automobilístico o primeiro a procurar ajustar o projeto dos veículos ao padrão médio de medida do homem brasileiro.

De acordo com Schlosser e Debiasi (2002), os conhecimentos sobre ergonomia provocaram novos conceitos, os quais levaram os fabricantes a oferecer modelos de tratores com melhores rendimentos, no sentido de localização de comandos e instrumentos.

Os níveis de vibração excessivos, em tratores agrícolas, geram uma sensação incômoda no operador, aumentando sua fadiga física e mental. O conforto do trator para o operador, geralmente é, geralmente, verificado por meio de análises subjetiva ou objetiva. A análise subjetiva é mais simples e consiste na avaliação do conforto por meio de uma ou mais pessoas, que tenham experiência na área. A análise objetiva inclui a determinação das amplitudes e direções, a frequência e duração com que as vibrações ocorrem.

Os efeitos das frequências podem ser avaliados, utilizando-se um sistema de frequências ponderadas, semelhantes às escalas utilizadas em acústica. Geralmente, a aceleração é usada para determinar o conforto, durante a operação do trator, sendo três importantes fatores levados em consideração, isto é, intensidade, frequência

e direção da vibração (LI e SOMAYAJULA, 1994).

A vibração mecânica consiste no movimento de um ponto material ou um corpo, que oscila em torno de uma posição de equilíbrio. A maioria das vibrações em máquinas ou estruturas é indesejável, em virtude do aumento de tensão e perdas de energia que as acompanham. Devem, portanto, ser eliminadas ou reduzidas tanto quanto possível por meio de projetos adequados.

Na prática, as vibrações consistem de uma mistura complexa de diversas ondas, com frequências e direções diferentes. A partir da análise desses componentes, é possível calcular o nível médio das vibrações. Esse nível médio pode ser usado para estimar o impacto dessas ondas no corpo humano (DUL e WEERDMEESTER, 1995).

Segundo Arbetsmiljainstitutet et al. (1990), a intensidade da vibração depende da estrutura do solo, do projeto da máquina (suspensão, pneus, localizações do assento e cabine), da velocidade, da técnica de dirigir, dentre outros.

Sanders e McCormick, em 1987, citados por Prasad et al. (1995), descrevem duas principais vibrações em tratores, isto é, senoidais e aleatórias. As vibrações senoidais e regulares são possíveis de prever, enquanto as aleatórias e irregulares não possibilitam essa predição.

Os efeitos das vibrações sobre o corpo humano podem ser, extremamente, graves. Alguns desses são: visão turva, perda de equilíbrio, falta de concentração e, até mesmo, danificação permanente de determinados órgãos do corpo (GERGES, 1992).

Os efeitos da vibração dependem também da frequência do movimento, ao qual o trabalhador está exposto. Frequências abaixo de 1 Hz causam enjôos, enquanto as frequências entre 3 e 8 Hz afetam os intestinos e a coluna vertebral e aquelas entre 15 e 24 Hz podem interferir na visão, diminuindo a fixação e a percepção visual (BERASATEGUI, 2000).

Em virtude da complexidade da estrutura do organismo humano, composta por diversos ossos, articulações, músculos e órgãos, as reações deste sistema às vibrações mecânicas não ocorrem de maneira uniforme, pois, cada parte pode tanto amortecer quanto amplificar essas ondas. Essas amplificações ocorrem, quando partes do corpo passam a vibrar na mesma frequência. Segundo Lida (1990), a este fenômeno dá-se o nome de ressonância.

Entretanto, Marquez, em 1990, citado por Schlosser e Debiasi (2002) afirma que o corpo suporta as vibrações, mediante contração e relaxamento contínuos do sistema muscular, o que, depois de um certo tempo, produz um desequilíbrio no sistema de auto-regulação, o qual atinge até mesmo o sistema muscular digestivo.

Delgado, em 1991, citado por Lima (1998), relata que os operadores de tratores, na Espanha, têm uma propensão a problemas de coluna vertebral, em consequência do tipo do trabalho realizado. Cerca de 70 % dos operadores, com idade compreendida entre 20 e 29 anos, possuem problemas de coluna devido a vibrações mecânicas, as quais podem afetar também o abdômen e estômago.

Schlosser e Debiasi (2002) afirmaram que a coluna vertebral dos operadores de máquinas é uma das partes do corpo mais atingidas pelas doenças ocupacionais oriundas da operação de tratores agrícolas. De acordo com o autor, o NATIONAL SAFETY COUNCIL, nos EUA, diagnosticou um total de 400.000 lesões de coluna, ocasionadas pelo trabalho nesse país, que incapacitam o acidentado para o trabalho. Somando-se a isto, o custo econômico do problema pode atingir cerca de 6,6 bilhões de dólares, ou seja, aproximadamente 6000 dólares por pessoa, contabilizando-se o tratamento médico e aposentadoria.

Mathias (1989) analisou o conforto do sistema trator-carreta, utilizando as curvas da norma ISO-2631. As medidas de vibrações foram obtidas, experimentalmente, no assento do tratorista. Da análise dos dados, constatou-se que o tempo necessário para que as atividades do tratorista não

sejam prejudicadas pela fadiga é limitado a 7 horas.

Um trabalho realizado por Pessina, em 1986, citado por Berasategui (2000), objetivou relacionar as vibrações sobre os assentos de tratores agrícolas, durante a etapa de transporte, com a velocidade de deslocamento e o engate de implementos. O trator deslocou-se sobre uma pista agrícola acidentada e outra normalizada para ensaios de assento constituída de tábuas de madeiras normalmente, denominada de pista ISO 5007. As velocidades utilizadas no experimento foram 12, 15, 17, e 20 km/h. Vale ressaltar que a velocidade máxima permitida em tratores agrícolas é 40 km/h. O autor concluiu que: o nível de aceleração média eficaz cresceu com o aumento na velocidade de deslocamento, sobretudo em direção vertical; as acelerações verticais, no assento do tratorista, predominaram sobre as longitudinais e laterais; os implementos de arrasto geraram níveis maiores de aceleração, no assento do tratorista, do que os implementos suspensos; e a frequência dominante do trator foi 2,5 Hz.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas desenvolveu a NBR 12319 (ABNT, 1992), concernente à medição da vibração transmitida ao operador de tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas. Além dos métodos para medir e registrar a vibração do corpo humano, esta norma fixa também as condições de operação da máquina e as características da pista artificial opcional de ensaios.

A primeira norma ISO 2631 (1978) reconhece quatro parâmetros físicos da vibração, ou seja, intensidade, direção, frequência e duração, que afetam o corpo humano e que devem ser avaliados (BERASATEGUI, 2000).

Portanto, este trabalho objetivou:

- Caracterizar a faixa de frequência, que apresenta os maiores picos de vibração vertical no assento do operador do trator.
- Analisar o conforto do operador, comparando os níveis de vibração obtidos com os previstos nas principais normas vigentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Guaratinguetá, SP, cuja altitude média é 537 m, longitude 22° 52' 40" W (Gr) e latitude 22° 48' 43" S.

O trator encontrava-se lastrado com o tanque, radiador, reservatórios de fluídos de lubrificação e hidráulicos cheios. Os pneus utilizados no ensaio eram de tamanho padronizado para o trator, conforme especificação do fabricante. A profundidade das garras atendia à norma NBR 12319 (ABNT, 1992), segundo a qual a profundidade não deve ser menor que 65 % da profundidade das garras dos pneus novos.

Características do motor

Marca/modelo: Perkins 4000.

Ano de fabricação: 1999.

Tipo: Diesel, injeção direta, 4 tempos.

Cilindros: 4, verticais em linha.

Cilindrada: 4000 cm³.

Relação de compressão: 16:1

Potência no motor a 2.200 rpm: 55,2 kW (75 cv).

Transmissão de potência

Embreagem: independente, 2 discos secos, 254/305 mm de diâmetro, acionamento mecânico por pedal.

Caixa de câmbio: sincronizada, com 12 marchas para frente e 4 para trás.

Diferencial: com bloqueio mecânico acionado por pedal.

Barra de tração: oscilante.

Tomada de potência

35 mm, com 6 estrias.

Potência máxima (2.200 rpm): 49,25 kW (67 cv).

Potência a 540 rpm (1680 rpm no motor): 45,5 kW (62,0 cv).

Outros dados

Tração dianteira auxiliar.

Rodagem diagonal: Rodagem dianteira 12,4-24 R1, com pressão de insuflação de

96,5 kPa (14psi); traseira 18,4-30 R1 com pressão de 110,3 kPa (16 psi), em boas condições.

Massa sem lastro: 2553 kg.

Massa com lastro: 3673 kg.

Sem cabine e estrutura de proteção contra capotamento, com toldo.

O implemento utilizado foi uma grade destorroadora-niveladora "off-set", com 28 discos de 0,5m x 0,0035m (20"x3,5 mm) e massa aproximada de 666 kg. A largura de trabalho foi 2,6 m.

Para o teste, utilizou-se um assento de suspensão mecânica traseira, com mecanismos de ajuste para frente e para trás e altura com alavanca de giro.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura franco-argilosa, de acordo com o levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas, 1960). Antes da gradagem, foi realizada uma aração com um arado de discos de 3 x 26", à profundidade de 0,18 m. A gradagem foi realizada no sentido longitudinal da aração.

A massa do operador do trator foi 69,4 kg, valor este que se encontra na faixa entre 65 ± 5 kg, recomendada pela norma NBR 12319 (ABNT, 1992). A massa do operador foi registrada, pois, poderia interferir nas medições de vibração.

As velocidades utilizadas nos testes foram 1,39 m.s⁻¹; 1,67 m.s⁻¹ e 1,95 m.s⁻¹ para 1ª, 2ª e 3ª marchas, respectivamente. A velocidade real foi determinada, medindo-se, com um cronômetro digital, o tempo gasto para percorrer 30 m. A rotação do motor do trator foi de 1800 rpm, em todos testes.

A medição da vibração foi realizada, para três diferentes velocidades do sistema trator-implemento, sendo que, para cada velocidade, foi realizada uma passada com o tempo total de 60 s. A frequência de aquisição foi de 400 pontos por segundo, gerando 24.000 pontos de vibração, para cada velocidade.

A grandeza primária usada para descrever a intensidade da vibração foi a aceleração, expressa em $m.s^{-2}$. As determinações dos níveis de vibração foram baseadas nas normas ISO 2631 (ISO, 1997) e NBR 12319 (ABNT, 1992) e na metodologia de Berasategui (2000) e Mathias (1989).

Para análise no domínio da freqüência, foram utilizados os programas ORIGIN 50 e SIMAS-PC. O SIMAS-PC é um programa de manipulação e análise de sinais, que faz interface com placa CAD10/26 utilizada na aquisição de dados.

Para coleta dos sinais de vibração, foram instalados dois acelerômetros piezoelétricos, um no assento do tratorista e outro na base do assento. Os acelerômetros usados no experimento foram do tipo 91091 e o 2323 da VEB-ROBOTRON. Para transformar volts em m/s^2 , utilizaram-se as relações $2,36 mV.s^{-2}.m^{-1}$ do acelerômetro 91091 e $2,07 mV.s^{-2}.m^{-1}$ do acelerômetro 2323, sendo os dados extraídos das cartas dos sensores. Para caracterizar o ganho do amplificador,

foi utilizada uma mesa calibradora da VEB-ROBOTRON, com o sinal conhecido de aceleração e freqüência.

Os sinais analógicos de saída do sensor foram condicionados e amplificados por um circuito eletrônico (HUMAN-RESPONSE VIBRATION METER robotron M 1300) e, posteriormente, enviados para um conversor analógico-digital (modelo LYNX CAD 10/26; 12 bits; +10V e -10V e taxa de conversão A/D 40 kHz) usado como interface com um computador PC-XT. Os equipamentos foram alimentados por uma bateria de 12 V, ligada a um inversor de tensão (12V-DC/ 110V-AC).

Para transportar o sistema de aquisição no trator, construiu-se uma estrutura de ferro e madeira que foi montada no pára-lama do trator e fixada, por parafusos, na coluna de proteção. As vibrações transmitidas pela estrutura ao sistema foram amenizadas por espumas. A Figura 1 apresenta um esquema geral dos sensores, sistema de aquisição de dados e trator.

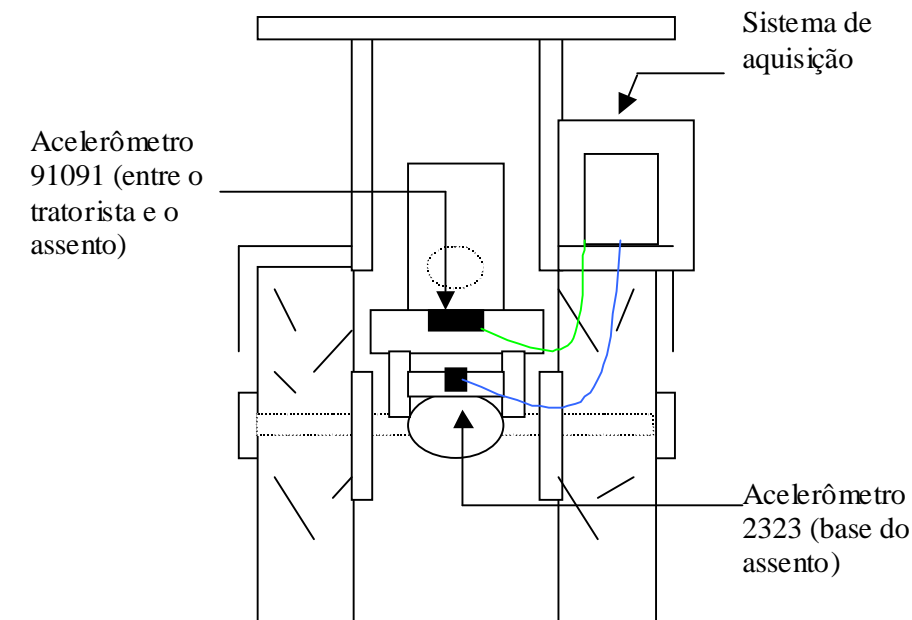


Figura 1. Esquema geral representativo dos sensores, sistema de aquisição de dados e trator.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a análise baseada na densidade espectral de potência PSD em $(\text{m.s}^{-2})^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ dos níveis de aceleração, para as três marchas ensaiadas. A faixa de frequência de 2 a 4 Hz apresentou os maiores picos de vibração vertical no assento do trator, para operação de gradagem, o que constitui uma preocupação para os tratoristas, considerando que o valor encontrado está na faixa de frequência de ressonância, que afeta a coluna vertebral.

Robin, em 1987, citado por Nagaoka (2001), relata que as pesquisas realizadas com tratores agrícolas indicaram que as vibrações com frequências compreendidas no intervalo de 2 a 4 Hz apresentam os maiores picos. Morrison e Harrington, em 1961, citados por Barger et al. (1963), verificaram que a frequência real de um trator independe da velocidade de

deslocamento e que a frequência predominante está em torno de 3 Hz. Segundo esses autores, normalmente, em um estudo de distribuição de frequência, a frequência predominante será, aproximadamente, igual à frequência natural.

Para que o tratorista possa usufruir o conforto dinâmico, ele deverá estar isolado ou suspenso em um assento, que tenha uma frequência natural diferente da frequência natural do trator (BARGER et al. 1963).

A Figura 3 apresenta os valores de aceleração eficaz, em bandas de 1/3 de oitava. Os valores de aceleração ponderada, em bandas de 1/3 de oitava, são apresentados na Figura 4, enquanto a Figura 5 apresenta o gráfico da relação entre a aceleração eficaz ponderada global e a velocidade de deslocamento do trator, com a respectiva linha de tendência.

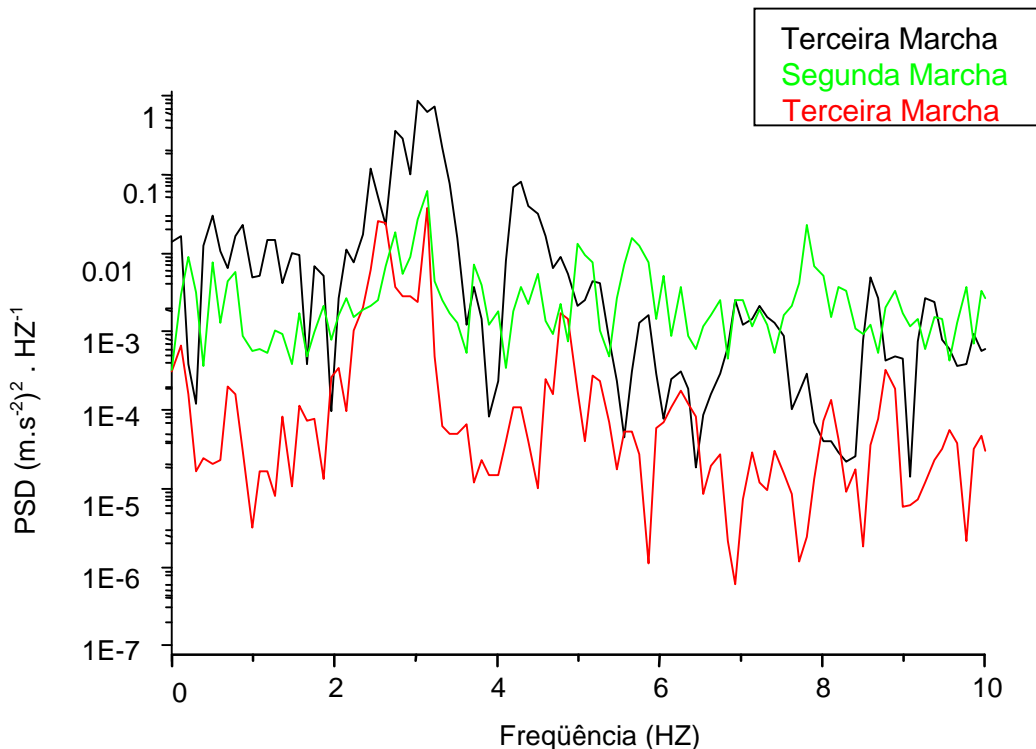


Figura 2. Representação esquemática da densidade espectral de potência para três marchas em estudo.

A maior aceleração eficaz em bandas de 1/3 de oitava encontrada foi de $1,2 \text{ m.s}^{-2}$, para terceira marcha, na frequência de centro $3,15 \text{ Hz}$, enquanto para a segunda e primeira marchas os valores foram $0,6 \text{ m.s}^{-2}$ e $0,5 \text{ m.s}^{-2}$, respectivamente. Observou-se uma atenuação nos níveis de aceleração vertical, na faixa considerada crítica entre 4 e 8 Hz , para todas as velocidades, o que ressalta a importância do sistema de suspensão do assento (Figura 3 e 4). Todas as velocidades testadas apresentaram o maior pico de aceleração, na mesma banda de frequência, caracterizando a independência da frequência dominante em relação à variação da velocidade.

Estudos similares sobre a vibração em tratores, em diferentes terrenos e condições de operacionais, caracterizaram a aceleração vertical como sendo a mais significativa. Matthews (1966) analisou os níveis de aceleração em um trator lastrado, movimentando-se sobre pastagem, e encontrou acelerações de 3 m.s^{-2} (vertical), $1,2 \text{ m.s}^{-2}$ (longitudinal) e $2,0 \text{ m.s}^{-2}$ (lateral).

Mehta et al. (2000) observaram vários valores de aceleração vertical, longitudinal e lateral no assento do trator, em diferentes operações agrícolas. Comparando-os com a norma ISO 2631-1 (ISO, 1985), observaram que os maiores níveis de aceleração, para cada implemento, encontram-se no eixo vertical.

A norma ISO 2631 (ISO, 1997) define uma zona de segurança, por meio da interseção das curvas, numa faixa entre 4 e 8 horas de exposição diária, a qual representa a jornada da maioria dos trabalhadores. A máxima aceleração ponderada, estabelecida por esta norma é de $1,25 \text{ m/s}^2$, para exposição durante 4 horas, e entre $0,8$ e $0,9 \text{ m/s}^2$ para exposição durante 8 horas.

Os valores calculados para aceleração ponderada global encontram-se bem acima dos limites estabelecidos para uma exposição durante 4 horas de trabalho. Para terceira marcha a aceleração ponderada global foi $2,638 \text{ m.s}^{-2}$; enquanto para segunda marcha foi $2,089 \text{ m.s}^{-2}$ e para primeira marcha foi $1,727 \text{ m.s}^{-2}$ (Figura 5).

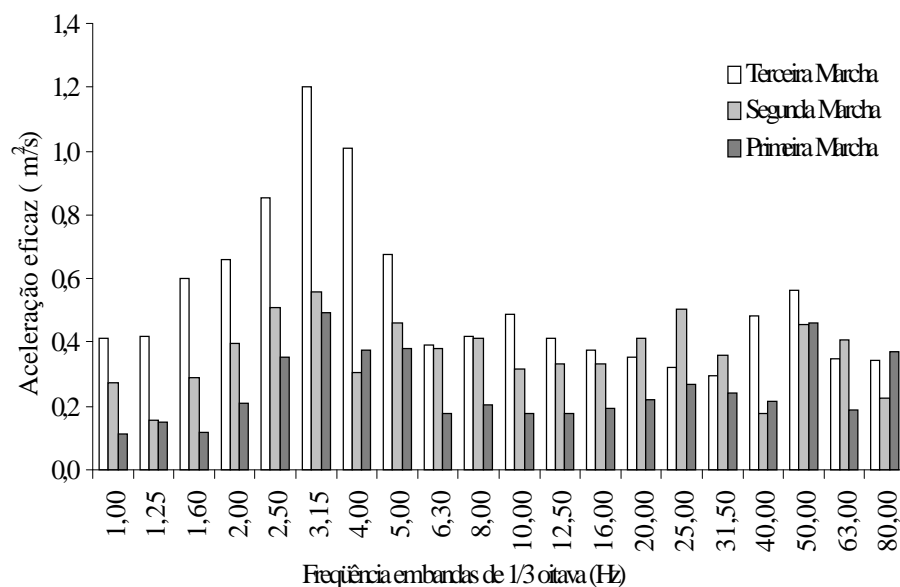


Figura 3. Níveis de aceleração eficaz vertical em bandas de 1/3 oitava.

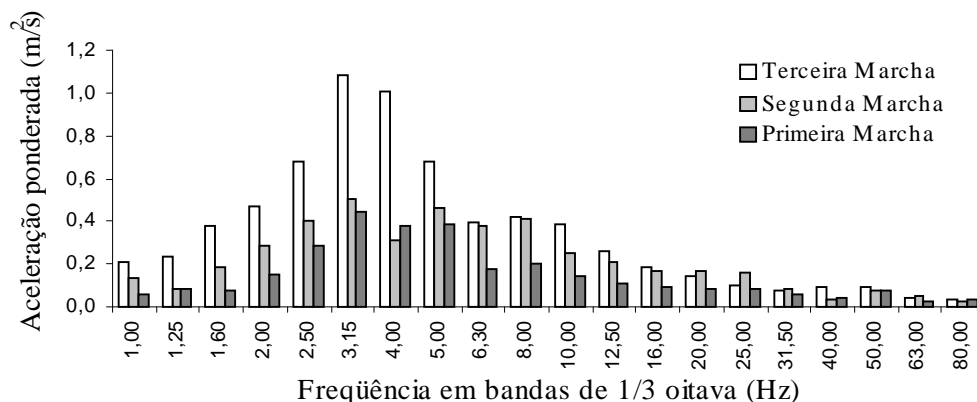


Figura 4. Níveis de aceleração eficaz ponderada vertical em bandas de 1/3 oitava.

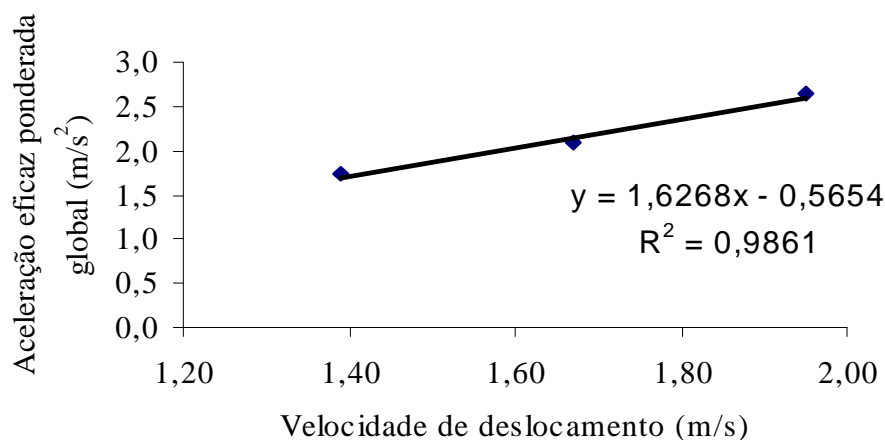


Figura 5. Aceleração eficaz ponderada global para as três velocidades em estudo.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados experimentais, concluiu-se:

- Os maiores picos de vibração vertical no assento do operador, para a operação de gradagem, foram encontrados na faixa entre 2 e 4 Hz, dada pela densidade espectral de potência para as três marchas avaliadas.
- Os valores calculados para aceleração ponderada global encontram-se bem acima dos limites determinados para uma exposição durante 4 horas de trabalho, de acordo com a norma ISO 2631 (ISO, 1997). Para terceira marcha, a aceleração ponderada global foi de 2,638 m.s⁻², enquanto para a segunda marcha foi 2,089 m.s⁻² e para primeira marcha foi 1,727 m.s⁻².
- Os resultados obtidos neste trabalho ressaltam a importância do desenvolvimento de tecnologias, visando um maior conforto para o operador de tratores. O atual sistema de suspensão do assento requer melhorias, sendo, portanto, necessários futuros estudos concernentes à suspensão e projeto de molas, que sintonizem certas faixas de frequências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBETSMILJÖINSTITUTET; FORSKNINGSS TIFTELSEN SKORGSARBETEN; SLU SKOGSHOGSKOLAN. **An ergonomic checklist for forestry machinery.** Oskarrshamn, 1990.43p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12319**; medição da vibração transmitida ao operador – tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro. 1995. 13p.
- BARGER, E.L.; LILJEDAHN, J.B.; CARLETON, W.M e MCKIBBEN, E.G. **Tratores e seus motores.** (Traduzido por V. L.Shilling)New York, Edgard Blucher,1963. 398p.
- BERASATEGUI, M.B.R. **Modelización y simulación del comportamiento de um sistema mecánico com suspensión aplicado a los asientos de los tractores agrícolas.** Madrid, Espanha. Universidad Politécnica de Madrid, 2000. 264p. (Tese de Doutorado)
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática.** (Traduzido por Itiro Iida) São Paulo, Edgard Blucher, 1995. 147 p.
- GERGES, S.N.Y. **Ruído: fenômenos e controle.** Florianópolis, SC: UFSC 1992. 660p.
- IIDA, I. **Ergonomia; projeto e produção.** São Paulo, Edgard Blucher, 1990. 465p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631, **Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration.** 2 nd., p. 1-15, 1978.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631, **Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration.** 2 nd., p. 1-15, 1985.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631, **Mechanical Vibration and Shock – Evaluation of Human Exposure of Whole – Body Vibration.** Part 1: General requirements 1997, 31 p.
- LI, W.L. e SOMAYAJULA. **Off-Highway vehicle ride comfort analysis.** International Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition. SAE. Milwaukee, WI. 1994 (Paper n. 941815).
- MATHIAS, M.H. **Análise de vibrações em tratores.** Guaratinguetá, UNESP, Faculdade de Engenharia Mecânica, 1989.110 p (Dissertação de Mestrado).
- MATTHEWS, J. **Ride comfort for tractor operators: IV Assessment of ride quality of seats.** Journal Agricultural Engineering Research 11, 1966. P. 47-57.
- MEHTA, C.R.; SHYAM M.; SINGH, P. e VERMA, R.N. **Ride vibration on tractor – implement system.** Review Applied Ergonomics - see front matter-2000 Elsevier Science.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas- **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo.** Rio de Janeiro: Comissão de solos 1960. 628p (Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 12).
- NAGAOKA, A.K. **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de um equipamento para ensaio dinâmico de rodado agrícola individual.** Botucatu, SP: UNESP, 2001. 206p. (Tese de Doutorado)
- PRASAD, N., TEWARI, V.K. e YADAV, R. **Tractor ride vibration – a review.** Journal of Terramechanics. Vol. 32, Nº. 4, pp. 205-219, 1995.
- SCHLOSSER, J. F. e DEBIASI, H. **Caderno técnico da Revista Cultivar Máquinas ,** Janeiro/Fevereiro 2002 (Conforto, preocupação com o operador). p. 3-9.
- VITÓRIA, E.L. **Avaliação dos níveis de ruído emitido por tratores em diferentes operações agrícolas.** Viçosa: UFV, 2000. 76p. (Dissertação de Mestrado).