



THIAGO OLIVEIRA MATIOLI

**AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM OPERAÇÃO DE
GRADAGEM TRATORIZADA**

LAVRAS – MG

2019

THIAGO OLIVEIRA MATIOLI

**AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM OPERAÇÃO DE
GRADAGEM TRATORIZADA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora

Prof.^a Dr.^a. Luana Elis de Ramos e Paula

**Lavras- MG
2019**

THIAGO OLIVEIRA MATIOLI

**AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM OPERAÇÃO DE
GRADAGEM TRATORIZADA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 02 de dezembro de 2019

Esp. Alexandre de Sousa Evangelista

Dr. Geraldo Gomes de Oliveira Júnior

Dr. Raphael Nogueira Rezende

Orientadora

Prof.^a Dr.^a. Luana Elis de Ramos e Paula

LAVRAS – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Aos meus Pais (José Antônio e Lenir) e irmã (Laiany), pela estrutura familiar, e por servirem de motivação para que eu nunca desistisse.

À minha mãe Lenir um agradecimento especial, pelo exemplo de mulher guerreira que sempre se sacrificou e abdicou mão de tudo para a formação dos filhos.

Ao meu tio Diogo, que em momentos difíceis pode me encorajar.

A todos meus professores, que em na minha vida acadêmica puderam corrigir meus erros e me incentivar nessa longa jornada

A todos meus professores/técnicos e companheiros desportistas, que sempre acreditaram no meu potencial e contribuíram para a minha formação pessoal e tiveram influencia na minha formação profissional.

Aos amigos e colegas que compartilharam longas horas de estudos, dificuldades e ansiedades, mas também foram compartilhados vários momentos de alegrias e comemorações.

À professora e orientadora Luana, que sempre me compreendeu e me auxiliou desde as iniciações científicas até a realização deste trabalho, com muita boa vontade e disponibilidade.

Ao Raphael, que como coorientador pode me auxiliar e acrescentar os seus conhecimentos á este trabalho.

Ao Alexandre, pelo auxílio na formação deste trabalho e disponibilidade para participação da banca.

Ao Geraldo, por disponibilidade em participar da banca.

Aos trabalhadores que participaram da realização deste trabalho.

Enfim, à Universidade Federal de Lavras, pela excelência no ensino, e me permitir realizar este trabalho e o belo curso de Engenharia agrícola.

O meu Muito Obrigado!

RESUMO

Com o crescimento populacional e o aumento na demanda por alimento, se viu necessário equipamentos com maior potência para realizar o trabalho agrícola em grande escala, aumentando a produção e produtividade para conseguir ofertar a demanda da população. O que antes era feito com o trabalho manual por humanos, com o auxílio de animais e implementos de pequeno porte, foi substituído por equipamentos robustos com grande capacidade de trabalho. O trator agrícola é a máquina mais utilizada no setor agrícola para uma maior eficiência operacional, realizando diversas atividades na cadeia de produção, acoplando vários implementos para a realização destas. O Brasil é um país em desenvolvimento com grande potencial agrícola, onde o setor vem crescendo consideravelmente e cada vez mais as máquinas tomam conta da produção. Porém, nem sempre as máquinas são projetadas para atender às necessidades ergonômicas do trabalhador que a opera, ocasionando problemas à sua saúde. Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho a análise do nível de vibração em trator agrícola acoplado a grade aradora para preparo do solo. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Lavras, avaliando o nível de vibração de corpo inteiro (VCI) em quatro trabalhadores operando o conjunto; trator agrícola Massey Ferguson, modelo, MF 290, acoplado a grade aradora, modelo, GA PCR, utilizando um medidor de vibração de corpo inteiro, Hav Pro, modelo, 11094. Onde foi observado que os níveis de vibrações de corpo inteiro analisados estão acima do permitido de acordo com o Anexo 8 da NR 15 (Brasil, 1978) para os valores de aceleração resultante de exposição normalizada (a_{ren}) e valores da dose de vibração resultante (VDVR), caracterizando condição insalubre, e a necessidade de medidas preventivas de acordo com as Normas de Higiene Ocupacional NHO 09, sugerindo-se alternância das atividades que possuem menores níveis de vibrações.

Palavras-chave: Setor agrícola; Máquinas; Nível de vibração; Grade aradora; Insalubre.

ABSTRACT

With population growth and increased food demand, more powerful equipment was needed to perform large-scale agricultural work, increasing production and productivity to meet poultry demand. What was previously done with manual labor by humans, with the aid of animals and small implements, has been replaced by robust equipment with large work capacity. The agricultural tractor is the most used machine in the agricultural sector for greater operational efficiency, performing various activities in the production chain, coupling various implements for their realization. Brazil is a developing country with great agricultural potential, where the sector has been growing considerably and machines are increasingly taking over production. However, machines are not always designed to meet the ergonomic needs of the worker who operates it, causing problems to their health. Given the above, the objective of this work was to analyze the vibration level in an agricultural tractor coupled to the plow harrow for soil preparation. The research was conducted at the Federal University of Lavras, evaluating the whole body vibration level (IVC) in four workers operating the set; Massey Ferguson farm tractor, model MF 290, coupled to model harrow harrow, model GA PCR, using a full body vibration meter, Hav Pro, model 11094. Where it has been observed that the analyzed whole body vibration levels are above allowed according to Annex 8 of NR 15 (Brazil, 1978) for acceleration values resulting from normalized exposure (aren) and resulting vibration dose (VDVR) values, characterizing unhealthy coding, and the need for preventive measures of according to Occupational Hygiene Standards NHO 09, suggesting alternation of activities that have lower vibration levels.

Keywords: Agricultural sector; Machines ; Vibration level; Polow harrow; Unhealthy

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Posto de Operação	10
2.2 Assento.....	11
2.3. Vibrações	13
2.3.1. Conceito	13
2.3.2. Vibração em Tratores	14
2.4. Legislação e normas sobre vibrações	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	26
5. MEDIDAS CORRETIVAS.....	29
6. CONCLUSÃO.....	30
7. REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país em desenvolvimento com grande potencial de crescimento devido a sua diversidade de riquezas naturais, principalmente pela grandeza de seu território e a quantidade de áreas agricultáveis, onde a agricultura é responsável por 20% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada CPEA/ESALQ (2017). O agronegócio no Brasil vem se intensificando e movimentando a economia brasileira gerando mais de 19 milhões de empregos diretos e indiretos. Com tamanho crescimento e potencial para expandir, o agronegócio investe cada vez mais em tecnologia e automatização para obter uma maior produção, melhor produtividade e mais eficiência em seus processos de plantio, colheita, transporte, beneficiamento entre outros. Assim, o trabalhador do campo está frequentemente em contato com grandes máquinas para a otimização do trabalho, que desde os primórdios era feito pelo homem e por animais e tomou um seguimento diferente na revolução industrial no século XVIII, e segue em uma evolução contínua.

Com o passar dos anos, algumas máquinas não foram projetadas visando a saúde do seu operador, causando danos permanentes e graves acidentes de trabalho.

O trator agrícola é uma das máquinas mais utilizadas no setor agrário devido à sua capacidade de converter tempo em rendimento oferecendo mais potência nos processos da produção de alimento, além de ter a capacidade de ser acoplado a diversos implementos agrícolas. Segundo Vitória (2000), os tratores foram desenvolvidos para aumentar a eficiência e o rendimento do trabalho no campo, porém não foram totalmente adaptados ao homem para uma relação homem-máquina adequada. Dentre os maiores riscos que as máquinas oferecem, tem-se os riscos físicos. Os riscos físicos são definidos por toda energia com potencial direto ou indireto de causar danos à saúde e, combinado com o fator tempo de exposição, susceptibilidade individual e concentração do agente podem interferir na qualidade de vida do trabalhador (CUNHA, 2009). Preocupada com a situação de trabalho dos trabalhadores brasileiros, a Norma Regulamentadora 9 (NR9), da Portaria 3214, de 08 de Junho de 1978, define exemplos de energia que expõem os trabalhadores e podem ser mensuradas por instrumentos calibrados e registrados por entidades competentes. Exemplos de risco físico: ruído, vibração, frio, calor, pressões anormais, radiação ionizante e não ionizante (BRASIL, 2013).

Segundo Kroemer & Grandjean (2005), os avanços proporcionados pela

mecanização foram benéficos, porém existem diversos fatores que atrapalham o desempenho do operador de um trator agrícola, sendo a vibração mecânica um deles, ocasionando grande perda de performance. O trabalhador necessita de um ambiente de trabalho favorável para obter um melhor rendimento e desempenhar suas funções sem riscos de acidentes no local de trabalho e para evitar que suas atividades lhe proporcionem alguma doença futuramente.

As vibrações são uma combinação complexa de várias ondas, com frequências e direções diferentes e, diante de avaliações dessas variáveis, pode-se calcular o nível médio de vibrações, sendo o resultado utilizado para se estimar o impacto das vibrações no corpo humano (DUL;WEERDEDEMEESTER, 1995)

A vibração é um risco que atua de forma lenta e silenciosa e afetam a percepção visual do operador, o desempenho psicomotor e muscular e ao longo prazo afetam os sistemas respiratório, circulatório e nervoso (KROMER;GRANDEJAN, 2005).

A legislação que apoia o controle no nível de vibração e os devidos instrumentos de controle e avaliação são as NR's da portaria 3214, de 08 de junho de 1978 e as Normas de Higiene Ocupacional da Fundacentro, NHO 09 e NHO 10.

Diante dos riscos e perigos ocasionados pelas vibrações, foi considerado de grande valia um estudo em prol da saúde e qualidade de vida dos trabalhadores com o objetivo de avaliar o nível de vibração emitido em operações de gradagem tratorizada

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Posto De Operação

O posto de Operação é onde o trabalhador realiza as funções de operação dos tratores e também opera os comandos para o manuseio dos implementos que estão acoplados nos tratores. O posto de operação tem se desenvolvido nos últimos anos em tratores agrícolas e tem ocorrido uma melhor disposição e organização dos projetos em relação a ergonomia, onde tem contribuído consideravelmente para a segurança e conforto do operador (ROZIN, 2004).

Berasategui (2000), define como um posto de operação ideal aquele que organiza o local de trabalho em anuência com a natureza do trabalhador e com a sua segurança. Visto isso o trabalhador necessita de um posto de operação adequado. Um posto de operação ergonomicamente adequado para tratores agrícolas deverá constar uma cabine para que o operador possa ter boa visibilidade e para que ele tenha proteção contra o capotamento e diminua sua exposição a poeiras, ruídos e vibrações. (MÁRQUEZ, 1990).

Para Yadav e Tewari (1998), um projeto para posto operação deve conter relações com as condições que podem afetar o trabalhador que são: conforto, dirigibilidade, visibilidade, arranjo dos controles, locomoção, facilidade de operação dos controles, conforto sonoro, conforto térmico e controle das vibrações.

Yadav e Tewari (1998), também relataram a necessidade de se considerar as características antropométricas e biomecânicas dos trabalhadores, pois no posto de operação de tratores agrícolas é necessário que o trabalhador se sinta confortável ao realizar seus movimentos para ter acesso a todos os comandos da máquina.

Na Figura 1, é apresentado um posto de operação dos tratores modernos, que consta com um conjunto completo de suspensões, e localização dos controles para sua utilização (BERASATEGUI, 2000).



Figura 1 – Posto de operação em um trator agrícola.

Fonte: Adaptado de Berasategui, 2000.

Os tratores e máquinas agrícolas, emitem vibrações que são transferidas para o posto de operação, ocasionando problemas de visão, deformações lombares, irritabilidade e problemas digestivos (MÁRQUES, 1990). Ao longo do tempo vem sendo estudado alternativas no sistema de amortecimento do posto de operação para diminuir as vibrações transmitidas ao operador oferecendo-lhe uma melhor condição de operação. (SANTOS, 2002).

2.2 Assento

O assento de um trator agrícola é considerado como o elemento que concede ao operador dirigir e comandar as ações do veículo na posição sentada, considerando por sua vez, a posição mais cômoda para a realização desta atividade (BERASATEGUI, 2000).

Segundo Yavad e Tewari (1998), o trator agrícola pode ter a capacidade de atender 90% da população com relação a acomodação dos seus assentos e comandos de operação de pés e mãos.

A má postura é um grande causador de problemas na coluna de quem opera tratores agrícola, sendo um dos maiores causadores deste problema o desconforto no assento, onde também o trabalhador está exposto á vibrações ocupacionais (Dhingra e al., 2003)

Segundo Prasad e al. (1995), uma solução efetiva na redução de vibrações seria a adoção de um sistema de suspensões nas rodas melhor projetado, porém devido a complexidade e custo não são adotados. Em pior situação devido às razões econômicas de alguns países, tratores sem suspensões nas cabinas possuem maior demanda, visando apenas proteções contra poeira e água em suas cabines (ZEHS AZ et al., 2001).

A distribuição da pressão do operador do trator agrícola sobre o seu assento, as altas temperaturas na cabine, e as baixas umidade, causam desconforto ao trabalhador, podendo ocasionar problemas de circulação sanguínea nas coxas e nos glúteos do operário (PRASAD e al., 1995). Quando o trator está em uma superfície irregular, ele sofre efeito das vibrações emitidas pelo motor e também das vibrações que são transmitidas da superfície grosseira para o assento, deve-se considerar tal situação ao conduzir-se um projeto (DHINGRA et al., 2003).

Os assentos dispõem de características dinâmicas e estáticas que diferenciam o modelo de avaliação do conforto quando a intensidade das vibrações são baixas e, se avaliado através de das características estáticas, e quando altas a avaliação do conforto e feito através das características dinâmicas (EBE e GRIFFIN. 1994).

Segundo Barceló (2004), O assento possui capacidade de reduzir o efeito de vibrações que o posto operacional recebe, mediante as suas devidas regulagens, porém, ao se aumentar a velocidade de deslocamento, se nota uma menor eficiência do assento para se diminuir o efeito de vibrações.

Tavares (2000, p.20), estabeleceu como amortecimento “um fenômeno intrínseco a todos os materiais, e aos elementos vitais de tratores agrícolas, que impede, por meio das forças de coesão e atritos que o material vibre indefinidamente”.

2.3 Vibrações

2.3.1 Conceito

São consideradas vibrações, as oscilações mecânicas regulares e irregulares de um corpo que transcorre em torno de um ponto em comum (SELL, 2002).

Para Back (1983), As vibrações podem ocorrer em todos sistemas mecânicos, com maior ou menor intensidade, porém não existe a possibilidade de extingui-las, apenas existe a possibilidade de se diminuir seus efeitos mediante a soma de componentes que possibilitam controlar ou isolar estes fenômenos, amenizando os agentes causadores e colocando as vibrações em níveis aceitáveis.

Segundo Franchini (2007), o movimento oscilatório e recorrente de um corpo com uma certa duração é denominado como vibração, possuindo velocidade, frequência e aceleração que produz ciclos completos por unidade de tempo (Figura 2).

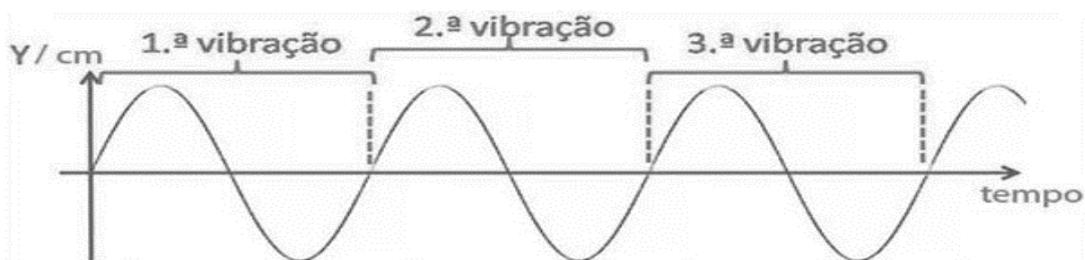


Figura 2. Fonte: Ciclos de Vibrações ao Longo do tempo. Fonte: http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_05.html Acesso em : 20 de outubro de 20019

Vibrações são descritas como oscilações no movimento de um corpo conveniente as forças produzidas por movimentos alternados em equipamentos e máquinas. (SALIBA et al., 2002).

Vibrações são os motivos diretos que provocam doenças, fazendo-se necessário o afastamento do operário, e por sua vez, apresentam grande influência na qualidade final das atividades agrícolas onde são utilizadas máquinas para o cumprimento destas. (TOSIN, 2009). Segundo Gerges, (2000), são diversos os efeitos das vibrações no corpo humano, atingindo até danos muito graves como, e permanentes aso órgãos internos, além de, perda de equilíbrio, falta de concentração e visão turva.

2.3.2 Vibração Em Tratores

Em tratores agrícolas ocorrem, vibrações mecânicas que são definidas como senoidais e aleatórias (PRASAD et al., 1995). Segundo Santos (2002), as vibrações que se denominam senoidais e regulares podem se prever, já as aleatórias e irregulares não. A completa eliminação de uma vibração é possível teoricamente, porém na prática em muitos casos isto não acontece (GROEHS, 1999).

Segundo ARBETSMILJÖINSTITUTED et. Al. (1990 APUD SANTOS, 2002), são variáveis para a determinação da intensidade da vibração em tratores a estrutura do solo, o sistema de suspensão do trator definido em projeto, a localização do assento, cabine incluindo as condições de trabalho, como a velocidade e a técnica para se conduzir a máquina.

De acordo com a ISO 2631 (1978), três tipos de vibrações podem atingir o corpo humano por inteiro ou partes substanciais dele. Existem vibrações que são transmitidas através de superfícies de sustentação (nádegas, pés e costas), e também vibrações que afetam partes específicas do corpo (cabeça, perna e mãos). E são transmitidas especificamente em tratores agrícolas através do assento, dos comandos manuais e dos pedais além do piso.

O corpo possui sensibilidades diferentes comparando os eixos longitudinais (z) e transversais (x e y), sendo que nos eixos x e y existe maior sensibilidade as vibrações em baixa frequência. (TOSIN, 2009).

Mehta et al. (2000), apresentaram um trabalho sobre uma grande fabricante de tratores que é a Índia, para analisar os níveis de vibrações em tratores, foram analisados os três eixos, longitudinal, transversal e vertical, na interface do assento do operador quando ele estava exposto em diferentes condições de trabalho. Os níveis de exposição foram avaliados de acordo com as normas ISO2631 (1985) e, segundo eles os trabalhadores estão expostos a várias avarias na coluna vertebral devido a vibração.

De acordo com a Norma ISO 8041 (2005), para diferentes partes do corpo, são apresentadas curvas de ponderação diferentes, e são utilizadas como forma de avaliação ocupacional em diversas atividades de trabalho.

Torna-se um problema quando as vibrações geradas pela máquina e pela rugosidade do terreno e a frequência de partes do corpo, como por exemplo, o tronco do corpo humano vibra com uma frequência de 4 a 8 Hz, que se aproxima do trator agrícola que vibra com uma frequência aproximada de 1 a 7 Hz, onde aumenta as chances de

doenças ao trabalhador. (ZEHS AZ et al., 2011).

Com a igualdade das vibrações naturais do corpo humano com a frequência da vibração externa se ocorre a ressonância, que por consequência, a amplificação do movimento, sendo a energia com que se vibra, absorvida pelo corpo humano podendo ocasionar danos aos tecidos. São apresentadas na Figura 3 os diferentes tipos de vibrações apresentadas pelo corpo humano, em diferentes partes de tal.

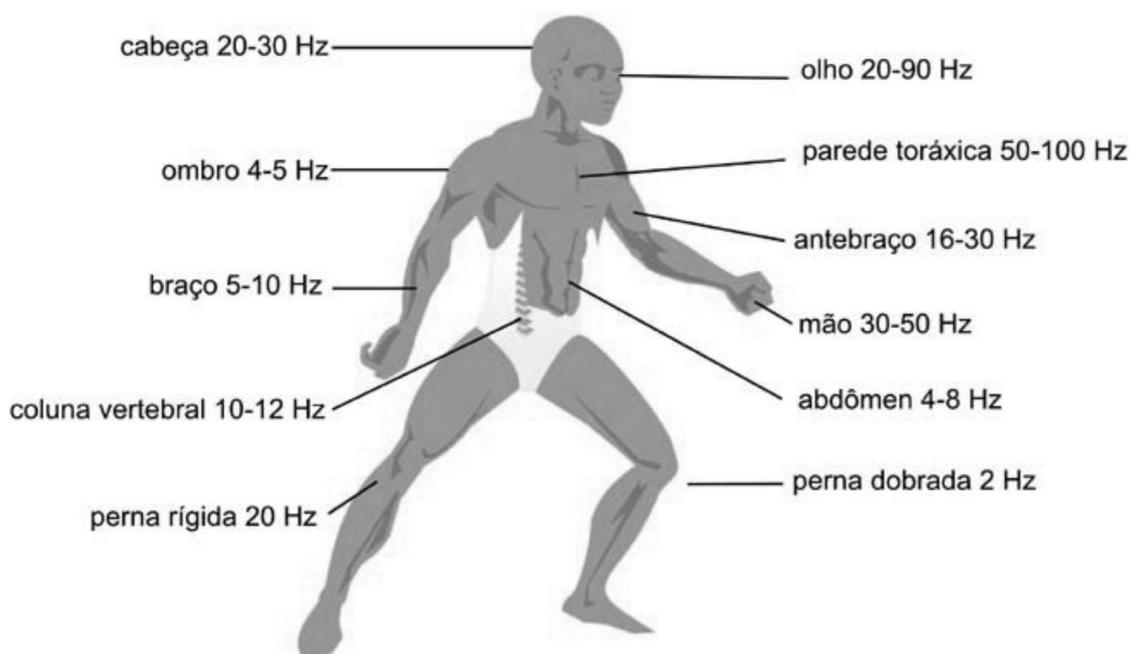


Figura 3. Vibrações naturais de diferentes partes do corpo humano. Fonte Vendrame, (2006).

De acordo com Kroemer e Grandjean (2005), Realizaram testes de direção, onde propuseram a simulação dos efeitos psicofisiológicos das vibrações, a qualidade ao se dirigir foi prejudicada a partir da faixa de 4 Hz, e os efeitos negativos crescem com o crescimento da aceleração, sendo que ocorre um aumento dos erros nas acelerações de ordem $0,5 \text{ m/s}^2$, e se torna impossível dirigir com segurança quando as acelerações chegam a $2,5 \text{ m/s}^2$. Os autores também citam que as vibrações afetam o desempenho psicomotor e muscular, e a percepção visual, e de forma mais amena, os sistemas nervoso, circulatório e respiratório, ou seja, a vibração prejudica funções importantes para se manusear uma máquina.

2.4 Legislação E Normas Sobre Vibrações

Os primeiros estudos sobre vibração foram desenvolvidos para avaliar o conforto de veículos de passeio, sem se preocupar com a saúde humana em 1943 (HSE, 2001).

Os estudos sobre vibrações ocupacionais começaram há cerca de sete décadas, devido a quantidade de máquinas autopropelidas. Porém, avaliações individuais tentando aproximar a percepção humana com cada amplitude de vibração, para descobrir subjetivamente padrões que seriam incômodos e avaliar os períodos de exposição (HSE, 2001).

Publicado por Dieckman, em 1958, na revista *Ergonomics*, o trabalho *A study of the influence of the vibration on man* (Estudo sobre a influência das vibrações no homem). Onde observou-se o comportamento do corpo humano sentado e em pé, estando o indivíduo sujeito a vibrações horizontais e verticais, de 1 a 100 Hz. Goldman publicou em 1960 um estudo com análises quantitativas de vibrações do corpo humano, abrindo-se caminho para vários outros trabalhos (BERASATEGUI, 2000).

Um marco para o desenvolvimento da consciência e ampliação do conhecimento sobre vibrações aconteceu na década de 60, onde grupos de trabalhos participantes da *International Organization for Standardization* (ISO) reuniram-se com o propósito de desenvolver as normas para vibrações ocupacionais de corpo inteiro e para vibrações localizadas de mão-braço. (HSE, 2001).

Na década de 70 foi instituído a primeira versão da ISO 2631, que foi publicada em 1974 e melhorada em 1978 com uma versão mais completa e didática contendo figuras e tabelas (GRIFFIN, 1998). Mais tarde, foi adicionado à ISO 2631, em 1982, através de uma emenda, onde ficou definido o valor correto e global de vibração, diante das combinações dos três eixos x, y e z. (GRIFFIN, 1998). Em 1997, foram substituídos os valores de exposição limite por cálculos de dosagem de vibração e valor de dose de vibração estimados pois não continha tais informações na ISO 2631 (ANFLOR, 2003).

Na década de 80, ficaram restritas a poucos centros as pesquisas relacionadas a vibrações ocupacionais em tratores, devido aos custos de equipamentos e à limitação tecnológica, que por sua vez limitava a realização dos ensaios. Com a evolução tecnológica e os investimentos em pesquisas, os estudos em vibrações ganharam destaque em todo o mundo, e surgiram novas pesquisas e discussões, que serviram de referenciais para as melhorias na condição de trabalho e eficácias na fiscalização dos tratores agrícolas, para evitar que as vibrações que atuavam sobre os trabalhadores se mantivessem. (GRIFFIN, 1998).

O que define a regulamentação no Brasil, são as Normas Regulamentadoras – NR, onde abordam temas como atividades insalubres e a segurança e medicina do trabalho. A norma regulamentadora que estabelece os limites de tolerância para determinada atividade de acordo com a concentração e intensidade de exposição do trabalhador ao agente causador é a Norma Regulamentadora nº 15 (NR15).

As atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, de acordo com a Norma NR 15 (1978), que foi atualizada em 2014, devem ser caracterizadas como insalubres, mediante de perícias feitas no ambiente de trabalho, onde será usado os valores de limite e tolerância instituídos pela Organização Internacional para a Padronização em suas Normas ISO 2631 e ISSO/DIS 5349 ou suas respectivas atualizações. De acordo com a NR 15 (1978) Anexo 8 (dado pela Portaria NTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014), Vibrações são consideradas insalubres no ambiente de trabalho quando o valor de dose de vibração resultante (VDVR) e os valores de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) encontram maiores que o permitido pela norma, que são de 1,1 m/s² para aren e 21,0 m/s² para VDVR, garantindo o trabalhador um acréscimo de 20% sobre o salário mínimo de sua jurisdição, sendo de responsabilidade do empregador a verificação dos postos de operações, onde o trabalhador pode entrar com ações judiciais caso se sinta lesado.

No Brasil, a norma que estabelece como deve ser os preceitos na organização do ambiente de trabalho de atividades agropecuárias é a Norma Regulamentadora nº 31 (NR 31), esta norma tem como propósito definir os preceitos a serem atentados na organização e no ambiente de trabalho, com o intuito de compatibilizar e planejar o desenvolvimentos das atividades da agricultura, silvicultura, suinocultura, pecuária, exploração florestal, entre outras, com a segurança e a saúde e meio ambiente do trabalho.

Normas de Higiene Ocupacional (NHO), redigidas pela FUNDACENTRO, determinam critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional a vibrações. Por meio da Norma Para Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de corpo inteiro (NHO 09), define-se critérios e procedimentos com o objetivo de avaliar a exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (VCI) onde provocam a oportunidade de ocorrência de diversos problemas a saúde do trabalhador que está exposto aos limites de tolerância, entre os maiores, relacionados à coluna vertebral. Além disso, por meio da Norma Para Avaliação da Exposição ocupacional a Vibrações em Mãos e Braços (NHO 10), é possível estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição

ocupacional a vibrações em mãos e braços, provocando a possível ocorrência de risco á saúde dos expostos, entre os demais a ocorrência da síndrome da vibração em mãos e braços (SVMB).

Baseada nas Normas ISO 26631-1 (1997) – *Mechanical vibration and shock – evaluation of human exposure to whole – body vibration, part 1 : General requirements* e ISO 80411 (2005) – *human reponse to vibration- Measuring instrumentatio*. A norma para avaliação de exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (NHO 9), aplica-se à exposição a vibrações ocupacionais de corpo inteiro, em todas ocasiões de trabalho em que ocorre a transmissão da vibração ao corpo humano, tanto na posição em pé, quanto na posição sentada., conforme mostra a Figura 4, os eixos de medição

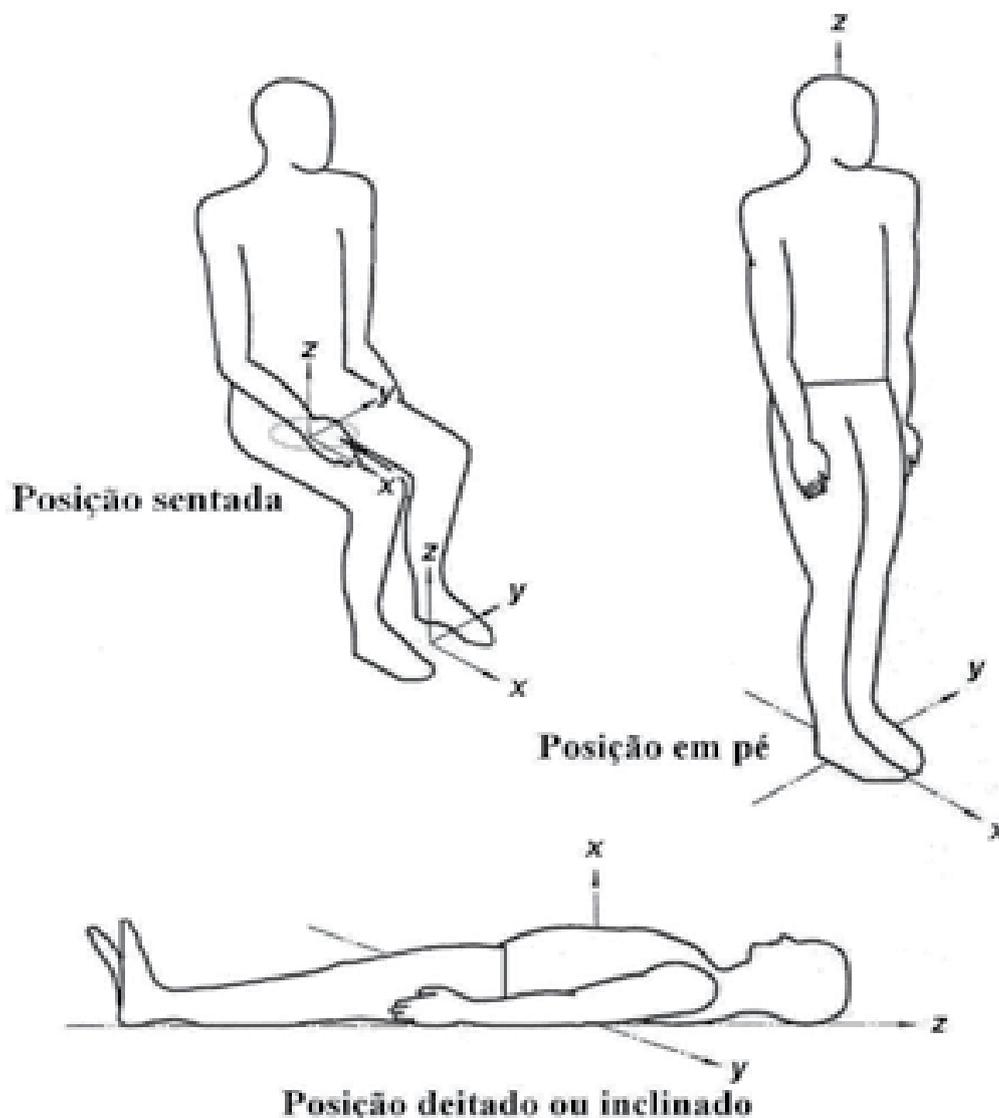


Figura 4. Eixos de direção adotados para a medição
(fonte: adaptada de ISSO 2631: 1997)

A norma também estabelece os aspectos técnicos para definições de critérios, sistemas de medição procedimentos, interpretação de resultados, determinação de valores e também parâmetros como os fatores de ponderação para os eixos (Figura 5).

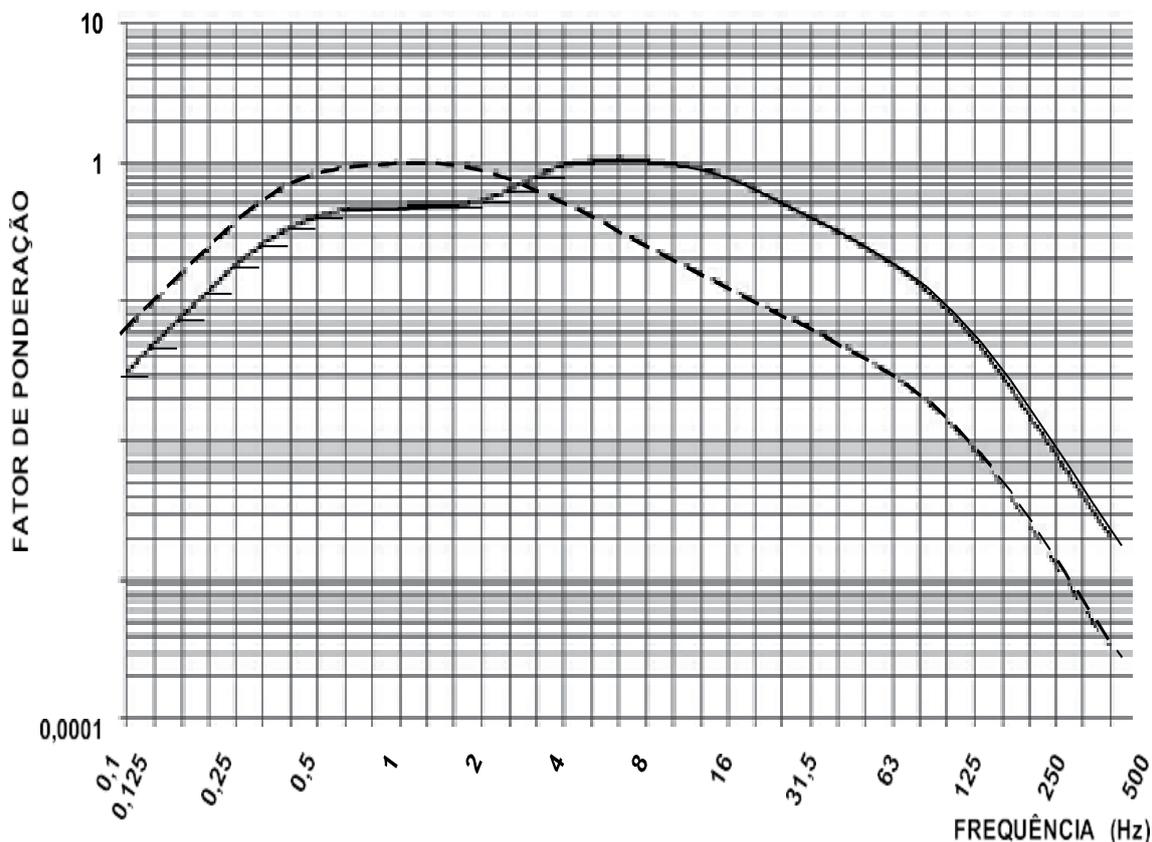


Figura 5. Curvas de ponderação em frequência para vibração transmitida ao corpo inteiro W_d e w_k (Fonte: adaptada de ISSO 2631:1997)

Denominado como fator de crista, este é um parâmetro complementar, para a realização da avaliação da vibração, para se obter o fator de crista é feito o produto do valor de pico máximo pela aceleração média.

A primeira norma específica para operadores de tratores agrícola em âmbito nacional foi a NBR 12319/1992 – Medição da Vibração Transmitida ao Operador – Tratores Agrícolas de Rodas e Máquinas Agrícolas (aprimorado da ISO 5008 – Agricultural Wheeled Tractors and Field Machinery – Measurement of Whole Body Vibration of the Operator), por meio da Comissão de Estudo de Segurança e Ergonomia do Comitê Brasileiro de Agricultura, Pecuária e Implementos, e desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (FRANCHINI, 2007).

Métodos descritos na NBR 12319/1992 avaliam os níveis de vibrações em tratores agrícolas, ou de outras máquinas agrícolas que possuem postos de operações onde se perite quantificar as vibrações por meio de seu assento e apoio dos pés, levando em considerações as características das máquinas e das pistas em que foi realizado o ensaio

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo para a avaliação de vibração de corpo inteiro em operação de gradagem foi realizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na cidade de Lavras, no estado de Minas Gerais, durante operações com tratores agrícolas. Para a quantificação dos valores de vibração utilizou-se um medidor de vibração de corpo inteiro da marca, Hav Pro, modelo 11094, devidamente calibrado (Figura 6).



Figura 6. Medidor de Vibração de Corpo inteiro Hav Pro – 11094. Fonte : Secutirty (2019).

As medições foram realizadas nos períodos de atividades regulares dos operadores, avaliando 4 diferentes trabalhadores realizando atividades de gradagem para o preparo do solo, com o conjunto máquina implemento em análise. A metodologia empregada nos ensaios seguiu os parâmetros e critérios da NHO 09 e comparação dos resultados obtidos com os valores limites de tolerância para níveis de vibrações, estabelecidos no anexo 8 da NR 15, Vibrações. Os ensaios ocorreram em um modelo de

trator acoplado a um implemento de arrasto, que são utilizados em atividades de preparo e manejo do solo. Abaixo estão apresentadas as especificações do trator e implemento utilizados no ensaio.

O trator Massey Ferguson, modelo 290, ano 1992, motor a diesel, 80 cv de potência máxima a uma rotação de 2200 rotação por minuto (RPM), torque máximo de 28,5 mkgf a 1400 RPM, com potência máxima da TDP (tomada de potência do trator) de 71 Cv e 67 Cv com a TDP funcionando a 540 RPM, tração 4x2 com TDL (tração dianteira auxiliar, sem cabine de vidro, apenas com capota de proteção, exercendo suas atividades com uma rotação do motor de 1800 RPM e tracionando uma grade aradora (Figura 7).



Figura 7. Trator Massey Ferguson. Fonte do autor (2019).

A grade aradora modelo GA PCR, de 18 (dezoito) discos e 26 (vinte e seis) polegadas, ano 2007 (Figura 8).



Figura 8. Grade aradora PCR. Fonte do autor (2019).

Para análise do conjunto máquina implemento, foram realizados os ensaios em um terreno do tipo latossolo vermelho, com uma declividade em torno de 4%, em condições normais (sem chuva). O terreno possui uma área de 1,3 ha (hectares), tendo sido realizado o preparo do solo (Figura 9).



Figura 9. Talhão 1. Fonte: Google Earth

Foram avaliados os níveis de vibrações na operação de preparo do solo no talhão 1 com o conjunto formado por trator e grade-aradora.

Os ensaios ocorreram de acordo com as atividades exercidas pelos trabalhadores da Universidade Federal de Lavras, sem interferências da avaliação nas condições de trabalho, e levando em consideração uma jornada de trabalho de oito horas, mensuradas e corrigidas pelo medidor de Vibração.

Os procedimentos e medições ocorreram como previsto na Norma Regulamentadora NHO 09, utilizando-se um acelerômetro do tipo axial, e foram feitas segundo as três direções de um sistema de coordenadas ortogonais (Figura 10).

Figura 10. Acelerômetro de assento e eixos de medição. Fonte: NHO 09



O ensaio foi realizado de acordo com os padrões da NHO 09, com os equipamentos utilizados em perfeitas condições eletromecânicas e devidamente calibrados.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os Valores de vibrações nas operações de preparo do solo, utilizando o conjunto trator agrícola e implemento estão indicados na tabela 1. Representando os valores de vibração em Aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e Valor da dose de Vibração Resultante (VDVR), as amostras foram classificadas utilizando o mesmo implemento e variando os trabalhadores que operam as máquinas e implementos diariamente.

Tabela 1: Níveis de vibração obtidos em aren e VDVR.

Amostra	aren (m/s²)	VDVR (m/s^{1,75})	Conjunto
1	1,6	36,25	Massey Ferguson 290 – GA PCR
2	1,55	33,74	Massey Ferguson 290 – GA PCR
3	1,63	28,65	Massey Ferguson 290 – GA PCR
4	1,5	32,08	Massey Ferguson 290 – GA PCR
Média	1,57	32,68	
Desvio	0,049497	2,759955	
CV (%)	3,152705	8,445394	

De acordo com a NR 15, Anexo 8, dada pela portaria MTE n.º 1.97, de 13 de agosto de 2014, caracteriza-se como condição insalubre mostrar que tenham superado quaisquer dos limites de exposição ocupacional diária a Vibrações de Corpo Inteiro VCI, de valor de aceleração resultante de exposição normalizada de (aren) de 1,1 m/s² e o valor da dose de vibração resultante (VDVR) de 21,0 m/s^{1,75} (Brasil, 2014). Os resultados obtidos em ensaio, pelos 4 (quatro) operadores do conjunto trator (Massey Ferguson

290) e grade aradora (GA PCR) constam como acima dos limites impostos pela norma, ocasionando condição insalubre.

Acredita-se que por meio das amostras que as características pessoais dos operadores influenciaram nos valores obtidos de aren e VDVR para o mesmo conjunto máquina e implemento, realizando a mesma operação de preparo do solo, podendo variar de acordo com suas características física, como altura, massa, envergadura entre outros, variando também com a capacidade e habilidade para conduzir o trator e o implemento. Onde deve-se levar em consideração o estado de conservação da máquina, e se a própria passa pelas devidadas manutenções periódicas para o seu pleno funcionamento.

Segundo o critério de julgamento e tomada de decisão adotados na NHO 09, segue a seguinte tabela.(Tabela 2).

Tabela 2: Critério de julgamento e tomada de decisão. Fonte : NHO 09.

<i>aren</i> (m/s^2)	<i>VDVR</i> ($m/s^{1,75}$)	<i>Consideração</i> <i>técnica</i>	<i>Atuação</i> <i>recomendada</i>
0 a 0,5	0 a 9,1	aceitável	No mínimo manutenção da condição existente.
> 0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	acima do nível de ação	No mínimo adoção de medidas preventivas.
0,9 a 1,1	16,4 a 21	região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária.
acima de 1,1	acima de 21	acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas.

Os resultados obtidos na avaliação do nível de vibração dos 4 (quatro) operadores, estão acima do limite de tolerância do Anexo 8 da NR15 e de acordo com as recomendações da NHO 09, é necessária a adoção imediata de medidas corretivas.

Não foram encontrados trabalhos com o mesmo conjunto de tratorimplemento,

para a comparação das amostras, porém Ribas et al. (2014) ressaltam que para um jornada de trabalho de 8 (oito) horas, valores de aren acima de $0,86 \text{ m/s}^2$ já indicam um provável risco a saúde. O Nível de vibração está completamente ligado ao tipo de operação em análise, podendo proporcionar diferentes níveis de vibrações para o mesmo trator, variando de acordo com o equipamento agrícola e a atividade empregada ao trabalhador. (SCARLETT; PRICE E STAYNER, 2007).

5. MEDIDAS CORRETIVAS

Devido ao fato das amostras estarem acima dos limites de tolerância para vibrações de corpo inteiro (VCI), é necessária a adoção imediata de medidas corretivas segundo a NHO 09, podendo ser feitas correções nos postos de operações, ajustes no assento e sistema de amortecimento próprio, troca de estofado e até mesmo troca da máquina dependendo do ano de seu projeto e suas condições. Com base na NHO 09 sugere-se:.

- Alteração nos processos ou das operações de trabalho, se necessário reformulando projetos de plataformas de trabalho, alternado rotinas e procedimentos e realizando adequações nas máquinas operadas, como prioridade a implantação de assentos antivibratórios, e se possível alteração no piso onde é realizado os trabalhos;
- Realizar a devida manutenção das máquinas, com atenção nos sistemas de suspensão e amortecimento, calibração do pneu, assento do operador, alinhamento e balanceamento, e fazer os devidos reparados em componentes avariados ou desgastados;
- Redução do tempo de exposição diária, reduzindo a jornada de trabalho;
- Alternância das atividades que possuem menor níveis de vibrações, ocasionando uma redução na exposição diária.

Vale ressaltar que estas são apenas algumas medidas, que não excluem outras dependendo da particularidade da situação.

Visto que, a alternativa imediata de maior relevância seria a alternância das atividades que possuem menor níveis de vibrações, para que o trabalhador fique menos exposto aos efeitos dos altos níveis de vibrações.

6. CONCLUSÃO

Diante dos ensaios realizados, observa-se que o grupo de trabalhadores que desenvolveram suas atividades de gradagem no conjunto trator implemento em avaliação neste trabalho, operam em condições insalubres de acordo com o Anexo 8 da NR – 15, estes estão expostos a um nível de vibração de corpo inteiro (VCI), excedente ao permitido, e necessitam de medidas corretivas de acordo com a NHO 09, para a manutenção da saúde do trabalhador.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFLOR, C. T. M. Estudo da transmissibilidade da vibração no corpo humano na direção vertical e desenvolvimento de um modelo biomecânico de quatro graus de liberdade. 2003. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara.

BARCELÓ L.E.; HILBERT J.A.; AUCANÁ M. **Efecto de diferentes presiones de inflado y regulaciones del asiento sobre las vibraciones de cuerpo entero en tractores agrícolas**. INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CAUTELAR.2004.

BERASATEGUI, M. R. Modellización y simulación del comportamiento de um sistema mecânico com suspensão aplicado a los asientos de los tractores agrícolas. 2000. 259 f. **Tese** (Doctorado Em Ingenieria Mecánica) – Departamento de Ingenieria mecânica, Universidad Politécnica de Madri, Madri, 2000.

BRASIL. Segurança e medicina do trabalho: NR -1 a 37, clt. arts. 154 a 201, lei nº. 6.514 de 22-12-1977, portaria nº. 3.214 de 8-6-1978, legislação complementar, índices remissivos. **Manuais de legislação atlas**. 82ª ed. 2019. Editora atlas. São Paulo, 2019.

CUNHA, J. P. A. R. DA; DUARTE, M. A. V.; RODRIGUES. J. C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trato r agrícola em prepa ro de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 348-355, out./dez. 2009. ISSN 1517-6398/ e-ISSN 1983-4063

DHINGRA, H. S.; TEWARI, V. K.; SANTOKH, S. Discomfort, pressure distribution and safety in operator’s seat – a critical review. **Journal of Scientific Research and Development**. Silsoe, 2003.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. (Traduzido por Itiro Iida) São Paulo, Edgard Blucher, 1995.

EBE, K.; GRIFFIN, M. J. Effect of polyurethane foam on dynamic sitting comfort, in proceeding of inter noise. **International Congress on Noise Control Engineering**. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de janeiro: EMBRAPA solos, 2018.

FRANCHINI, D.. Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola. 2007. 138 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional: NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico.** São Paulo: Fundacentro, 2013. 63 p. il., tabs. ; 23 cm. ISBN 85-98117-75-1

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e controle.** 2. ed. Florianópolis: Nr Editora, 2000.

GRIFFIN, M. J. A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. **Journal of Sound and Vibration**, Silsoe, p. 883-914. 1998.

GROEHS, A. G. **Mecânica vibratória.** São Leopoldo: UNISINOS, 1999.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Whole-body vibration and shock: a literature review.** Stoneleigh, 2001.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 5. ed. Porto Alegre-RS: Artmed Editora. 2005.

MÁRQUEZ, L. **Solo tractor'90: Ergonomia y seguridad en los tractores.** Madri: Labore, 1990

MEHTA, C. R.; TEWARI, V. K. Seating discomfort for tractor operators: a critical review. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Silsoe. 2000.

PINHEIRO, A. K. S.; FRANÇA, M. B. A. Ergonomia aplicada à anatomia e fisiologia do trabalhador. Goiânia: AB Ed., 2006. 165p. PRASAD, N.; TEWARI, V. K.; YADAV, R. Tractor ride vibration: a review. **Journal of Terramechanics**, Silsoe. 1995.

RIBAS, R. L.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; FARIAS, M. S.; RODRIGUES, F. A. Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola com pneus radiais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, 2014.

ROZIN, D. Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com normas de ergonomia e segurança. 2004. 186 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A. C.; AMARAL, L. S.. **Higiene do trabalho: Programa de prevenção de riscos ambientais.** 3. ed. São Paulo: Ltr, 2002. 262 p.

SANTOS, L. N. dos; et al.. **Avaliação Dos Níveis De Ruído E Vibração De Um Conjunto Trator-Pulverizador, Em Função Da Velocidade De Trabalho.** Viçosa: Engenharia na Agricultura, v. 22, n. 2, 2014.

SANTOS, P. F. Avaliação dos níveis de ruído e vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. 2002. 53p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós- graduação em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

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, 2007.

SELL, I. **Projeto do trabalho humano: Melhorando as condições de trabalho**. Florianópolis: UFSC, 2002.

TAVARES, G. **Elementos orgânicos e fundamentais de máquinas e implementos agrícolas**. Londrina: UEL, 2000. 247p.

TOSIN, R. C.. Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas. 2009. **Tese** (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, 2009. VENDRAME, A. C.. Vibração ocupacional. 2006. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf> Acesso em 25 out. 2019.

VITÓRIA, E. L. Avaliação do nível de ruído emitido por tratores em diferentes operações agrícolas 2000. 76p. **Dissertação** (mestrado em engenharia agrícola) – curso de pós-graduação em mecanização agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

YADAV, R.; TEWARI, V. K. Tractor operator seat workplace design: a review. **Journal of Terramechanics**, Silsoe, 1998.

ZEHSZ, M., et al.. Tractor cabin's passive suspension parameters optimization via experimental and numerical methods. **Journal of Terramechanics**, Amsterdã, 2011. 48, 439–450. ISSN: 0022-4898.