



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

VIVIANE CASTRO DOS SANTOS

VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO INCIDENTE AO OPERADOR DE TRATOR
AGRÍCOLA EM OPERAÇÃO COM EQUIPAMENTOS PARA O PREPARO
PERIÓDICO DO SOLO

FORTALEZA

2019

VIVIANE CASTRO DOS SANTOS

VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO INCIDENTE AO OPERADOR DE TRATOR
AGRÍCOLA EM OPERAÇÃO COM EQUIPAMENTOS PARA O PREPARO PERIÓDICO
DO SOLO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientador: Prof. Dr. Enio Costa.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S239v Santos, Viviane Castro dos.
Vibração de corpo inteiro incidente ao operador de trator agrícola em operação com equipamentos para o preparo periódico do solo / Viviane Castro dos Santos. – 2019.
126 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
Coorientação: Prof. Dr. Enio Costa.
1. Vibrações. 2. Ergonomia. 3. Máquinas agrícolas. I. Título.

CDD 630

VIVIANE CASTRO DOS SANTOS

VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO INCIDENTE AO OPERADOR DE TRATOR
AGRÍCOLA EM OPERAÇÃO COM EQUIPAMENTOS PARA O PREPARO PERIÓDICO
DO SOLO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientador: Prof. Dr. Enio Costa.

Aprovada em:18/03/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Albiero
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Max César de Araújo
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

A Deus.

Aos meus pais, Arnaldo e Valdívia.

Ao meu esposo Deivielison.

AGRADECIMENTOS

Sempre achei os agradecimentos algo difícil de escrever, talvez porque a vida não se coloca em análise de regressão e não é pelo valor p que descobrimos a significância das pessoas na nossa trajetória.

Primeiro gostaria de agradecer a Deus por tudo, por guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos, não desanimar com as dificuldades, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais Arnaldo e Valdívia por tudo que fizeram por mim e por sempre primar pela minha educação.

Ao meu esposo Deivielison por todo o amor, dedicação, atenção, apoio, carinho, paciência e incentivo.

A minha irmã Vanessa por sempre me incentivar e me fazer rir.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro por acreditar em mim, me mostrar o caminho da ciência, contribuir para o meu crescimento profissional e me incentivar a sempre melhorar.

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Enio Costa por todo o apoio e dedicação.

Aos meus amores Luna e Maia por todo o amor e diversão.

Aos membros da minha banca Prof. Dr. Daniel Albiero, Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro, Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes e Prof. Dr. Max César de Araújo pelo seu tempo, atenção e contribuições ao trabalho.

A todos os meus professores, pois cada um contribuiu para minha formação pessoal e profissional.

A Sandoval e De Leon por todo o apoio, atenção e auxílio na execução do meu trabalho.

A todos os meus amigos e amigas que sempre foram fonte de apoio e compreensão.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação pelo convívio e aprendizado.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola por toda atenção e apoio.

“Não importa o que aconteça, continue a nadar.”

Graham Walter

RESUMO

A utilização de tratores agrícolas pelos operadores tem causado efeitos nocivos na saúde dos mesmos, como ruído e vibração, sendo que, além de condições adequadas de trabalho as operações mecanizadas devem ser planejadas com o intuito de aumentar a rentabilidade no campo e reduzir custos. Para isso, também se faz necessário que no projeto de uma máquina agrícola sejam levados em consideração fatores ergonômicos, para aumentar a segurança da máquina e melhorar a qualidade de trabalho. A pesquisa teve como objetivo avaliar a exposição do operador de máquinas agrícolas a vibrações de corpo inteiro operando com equipamentos agrícolas tratorizados utilizados no preparo periódico do solo. O trator utilizado foi um trator 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), marca Valtra®, modelo BM125i acoplado aos seguintes equipamentos: arado de disco, arado de aivecas, grade off-set, enxada rotativa e escarificador. Para todas as operações realizadas o delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram comparadas as operações entre si, sendo cinco conjuntos (trator-arado de disco, trator-arado de aiveca, trator-grade off-set, trator-enxada rotativa, trator-escarificador) e o trator sem equipamento acoplado, em duas velocidades de deslocamento do trator ($3,5 \text{ km.h}^{-1}$ e $6,1 \text{ km.h}^{-1}$), obtidas através das marchas L1 e L3 respectivamente, com rotação do motor de 1860 rpm. Por fim foi avaliada a transmissibilidade (ATEA) em cada eixo ortogonal X, Y e Z para cada um dos equipamentos utilizados. Os dados foram processados no software Noise Studio® 6.95. Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta. Com o intuito de verificar a normalidade dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste Anderson-Darling. 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. O arado de disco foi equipamento que apresentou maior intensificação das vibrações em todos os parâmetros avaliados. Todos os conjuntos avaliados apresentam valores estatisticamente iguais ou superiores em relação ao trator sem equipamento acoplado.

Palavras-chave: Vibrações. Ergonomia. Máquinas agrícolas. Transmissibilidade.

ABSTRACT

The use of agricultural tractors by operators has caused harmful effects on their health, such as noise and vibration. In addition to adequate working conditions, mechanized operations must be planned with the aim of increasing profitability in the field and reducing costs. For this, it is also necessary that in the design of an agricultural machine are taken into account ergonomic factors, to increase the safety of the machine and improve the quality of work. The objective of the research was to evaluate the exposure of the operator of agricultural machinery to whole body vibrations operating with tractors used in the periodic preparation of the soil. The tractor used was a 4x2 tractor with auxiliary front wheel drive (TDA), brand Valtra®, model BM125i coupled to the following equipment: disc plow, plow of moldboards, off-set grid, rotary hoe and scarifier. For all operations the experimental design was completely randomized. The operations were compared to each other, being five sets (disc plow, plow-tractor, off-set tractor, rotating tractor, tractor-scarifier) and the tractor without equipment coupled, at two speeds displacement of the tractor (3.5 km.h⁻¹ and 6.1 km.h⁻¹), obtained by the L1 and L3 gears respectively, with engine rotation of 1860 rpm. Finally, the transmissibility (ATEA) was evaluated on each orthogonal axis X, Y and Z for each of the equipment used. The data were processed in Noise Studio® software 6.95. For the statistical treatment of the data the statistical program ASSISTAT version 7.7 beta was used. In order to verify the normality of the data, they were submitted to the Anderson-Darling test. After normality, the data were submitted to analysis of variance by the F test, and when significant, the means were compared by the Tukey test, at 5% significance. The disk plow was equipment that presented greater intensification of the vibrations in all the evaluated parameters. All evaluated sets show statistically equal or higher values in relation to the tractor without attached equipment.

Key words: Vibration. Ergonomics. Agricultural machinery. Transmissibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação do sistema ortogonal dos eixos para a medição da vibração.....	28
Figura 2 -	Resposta humana subjetiva às curvas de vibração	33
Figura 3 -	Área do experimento	38
Figura 4 -	Trator Valtra BM 125i	40
Figura 5 -	Pesagem do Trator Valtra BM125i	43
Figura 6 -	Localização dos lastros sólidos no eixo dianteiro	43
Figura 7 -	Localização dos lastros sólidos no eixo traseiro	44
Figura 8 -	Assento do trator BM125i	45
Figura 9 -	Ajuste do assento conforme a altura do operador	46
Figura 10 -	Ajuste do assento conforme a massa do operador	47
Figura 11 -	Acelerômetro 356B41 fixo no piso da plataforma	48
Figura 12 -	Acelerômetro 356B41 fixo no assento do trator	48
Figura 13 -	Arado de disco	49
Figura 14 -	Arado de aivecas	50
Figura 15 -	Grade off-set	51
Figura 16 -	Equipamento utilizado para operação de escarificação	51
Figura 17 -	Enxada rotativa	52
Figura 18 -	Medidor de vibração HD 2030	53
Figura 19 -	Acelerômetro para medição de vibração de corpo inteiro	54
Figura 20 -	Acelerômetro 356B41 fixado na base do assento	55
Figura 21 -	Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$	65
Figura 22 -	Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$...	65
Figura 23 -	Valores de pico máximo de aceleração ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$	71

Figura 24 - Valores de pico máximo de aceleração ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$	71
Figura 25 - Fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$	75
Figura 26 - Fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$	76
Figura 27 - Valores de aren (Aceleração resultante de exposição normalizada $-m.s^{-2}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizado.....	80
Figura 28 - Valores de VDVR (valor de dose de vibração resultante $-m.s^{-1,75}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados.....	80
Figura 29 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$...	84
Figura 30 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$...	86
Figura 31 - MAEP do trator sem equipamentos agrícolas acoplado na velocidade de $3,5 km.h^{-1}$	89
Figura 32 - MAEP do trator sem equipamentos agrícolas acoplado na velocidade de $6,1 km.h^{-1}$	89
Figura 33 - MAEP do conjunto trator-arado de aiveca na velocidade de $3,5 km.h^{-1}$	90
Figura 34 - MAEP do conjunto trator-arado de aiveca na velocidade de $6,1 km.h^{-1}$	90
Figura 35 - MAEP do conjunto trator-arado de disco na velocidade de $3,5 km.h^{-1}$	91
Figura 36 - MAEP do conjunto trator-arado de disco na velocidade de $6,1 km.h^{-1}$	91
Figura 37 - MAEP do conjunto trator-grade off-set na velocidade de $3,5 km.h^{-1}$	92
Figura 38 - MAEP do conjunto trator-grade off-set na velocidade de $6,1 km.h^{-1}$	92
Figura 39 - MAEP do conjunto trator-enxada rotativa na velocidade de $3,5 km.h^{-1}$	93
Figura 40 - MAEP do conjunto trator-enxada rotativa na velocidade de $6,1 km.h^{-1}$	93
Figura 41 - MAEP do conjunto trator-escarificador na velocidade de $3,5 km.h^{-1}$	94

Figura 42 - MAEP do conjunto trator-escarificador na velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ 94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Agentes de risco no ambiente laboral.....	26
Quadro 2 - Localização e as principais características da área experimental.....	39
Quadro 3 - Informações trator VALTRA® BM125i.....	41
Quadro 4 - Características do assento do trator BM125i.....	46
Quadro 5 - Características do medidor de vibração HD 2030.....	53
Quadro 6 - Características do acelerômetro 356B41 para medição da vibração de corpo inteiro.....	55
Quadro 7 - Parâmetros de avaliação.....	56
Quadro 8 - Critério de julgamento e tomada de decisão.....	57
Quadro 9 - Tratamentos realizados.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência de ressonância ou natural dos órgãos do corpo humano.....	35
Tabela 2 - Valores percentuais de umidade do solo no momento dos ensaios.....	40
Tabela 3 - Medida dos pneus e pressão interna de ar nos pneus.....	41
Tabela 4 - Marchas e rotação do motor utilizadas.....	42
Tabela 5 - Valores obtidos após a pesagem, distribuição de lastros e relação massa/potência.....	44
Tabela 6 - Valores de Patinação obtidos.....	45
Tabela 7 - Fatores de ponderação relativos à banda de frequência de sensibilidade de aceleração máxima para as curvas de respostas.....	59
Tabela 8 - Valores de nível de eficiência reduzido para jornada de 8h nos eixos X, Y e Z..	59
Tabela 9 - Valor SEAT% para os eixos X, Y e Z.....	62
Tabela 10 - Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, Testes F e Teste de Normalidade de Anderson-Darling obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$	63
Tabela 11 - Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, Testes F e Teste de Normalidade de Anderson-Darling obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$	64
Tabela 12 - Valores de pico máximo de aceleração ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$	69
Tabela 13 - Valores de pico máximo de aceleração ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$	70
Tabela 14 - Valores de fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$	73
Tabela 15 - Valores de fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$	74

Tabela 16 - aren ($m.s^{-2}$) e VDVR ($m.s^{-1,75}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	78
Tabela 17 - aren ($m.s^{-2}$) e VDVR ($m.s^{-1,75}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	79
Tabela 18 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com os diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de 3,5 $km.h^{-1}$	84
Tabela 19 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de 6,1 $km.h^{-1}$	85
Tabela 20 - ANOVA da Aceleração média no eixo X na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	111
Tabela 21 - ANOVA da Aceleração média no eixo X na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	111
Tabela 22 - ANOVA da Aceleração média no eixo Y na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	111
Tabela 23 - ANOVA da Aceleração média no eixo Y na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	112
Tabela 24 - ANOVA da Aceleração média no eixo Z na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	112
Tabela 25 - ANOVA da Aceleração média no eixo Z na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	112
Tabela 26 - ANOVA do pico máximo no eixo X na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	113
Tabela 27 - ANOVA do pico máximo no eixo X na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	113
Tabela 28 - ANOVA do pico máximo no eixo Y na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	113
Tabela 29 - ANOVA do pico máximo no eixo Y na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	114
Tabela 30 - ANOVA do pico máximo no eixo Z na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	114
Tabela 31 - ANOVA do pico máximo no eixo Z na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	114
Tabela 32 - ANOVA do fator de crista no eixo X na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	115
Tabela 33 - ANOVA do fator de crista no eixo X na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	115
Tabela 34 - ANOVA do fator de crista no eixo Y na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	115
Tabela 35 - ANOVA do fator de crista no eixo Y na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	116
Tabela 36 - ANOVA do fator de crista no eixo Z na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	116
Tabela 37 - ANOVA do fator de crista no eixo Z na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	116
Tabela 38 - ANOVA de aren na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	117
Tabela 39 - ANOVA de aren na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	117
Tabela 40 - ANOVA de VDVR na velocidade de 3,5 $km.h^{-1}$	118
Tabela 41 - ANOVA de VDVR na velocidade de 6,1 $km.h^{-1}$	118
Tabela 42 - ANOVA da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo X na	

velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	119
Tabela 43 - ANOVA da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo X na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	119
Tabela 44 - ANOVA da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	119
Tabela 45 - ANOVA da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	120
Tabela 46 - ANOVA da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	120
Tabela 47 - ANOVA da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASAE	American Society of Agricultural Engineers
aren	Aceleração Resultante de Exposição Normalizada
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPC	Estrutura de Proteção ao Capotamento
FC	Fator de Crista
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
ISO	International Organization for Standardization
LE	Limite de exposição
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas
MAEP	Mapa de Aceleração Eficaz Ponderada
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
NUTEC	Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
RMS	Raiz média quadrada ou aceleração média
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
TDA	Tração dianteira auxiliar
VCI	Vibração de Corpo Inteiro
VMB	Vibração de mãos e braços
VDVR	Valor de dose de vibração resultante

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	Ergonomia.....	22
2.2	Estudos ergonômicos em tratores agrícolas.....	24
2.3	Agentes de risco.....	25
2.4	Vibração.....	27
2.4.1	<i>Vibração ocupacional.....</i>	27
2.4.1.1	<i>Vibrações de corpo inteiro.....</i>	29
2.5	Vibração ocupacional de corpo inteiro em tratores agrícolas.....	30
2.6	Efeitos da vibração no corpo humano.....	32
2.7	Vibração de ressonância.....	34
2.8	Avaliação da vibração de corpo inteiro.....	35
2.9	Sistemas de cultivo, preparo periódico do solo e tráfego de máquinas e implementos agrícolas.....	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	Local do experimento.....	38
3.2	Trator.....	40
3.3	Assento do operador.....	45
3.4	Equipamentos de preparo periódico do solo utilizados no experimento.....	49
3.5	Procedimentos para medição da vibração ocupacional de corpo inteiro.....	52
3.6	Parâmetros para avaliação da vibração ocupacional.....	56
3.6.1	<i>Vibração ocupacional transmitida ao operador pelos equipamentos.....</i>	58
3.6.2	<i>Avaliação do nível de eficiência reduzido.....</i>	58

3.7	Delineamento experimental e tratamentos.....	60
3.8	Análise estatística dos dados.....	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.1	Valor SEAT%.....	62
4.2	Aceleração média nos eixos X, Y e Z.....	63
4.3	Pico Máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z.....	68
4.4	Fator de Crista.....	73
4.5	Aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor de dose de vibração resultante (VDVR).....	77
4.6	Vibração ocupacional transmitida ao operador pelos equipamentos (ATEA%).....	83
4.7	Mapas de aceleração eficaz ponderada (MAEP).....	88
5	CONCLUSÃO.....	97
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	98
	REFERÊNCIAS.....	99
	APÊNDICE A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE ACELERAÇÃO MÉDIA NOS EIXOS X, Y E Z.....	111
	APÊNDICE B – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE PICO MÁXIMO DE VIBRAÇÃO NOS EIXOS X, Y E Z.....	113
	APÊNDICE C – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES FATOR DE CRISTA NOS EIXOS X, Y E Z.....	115
	APÊNDICE D – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE AREN.....	117
	APÊNDICE E – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE VDVR.....	118
	APÊNDICE F – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA TRANSMISSIBILIDADE (ATEA%).....	119

ANEXO A – NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL 09.....	121
ANEXO B – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE VIBRAÇÃO HD 2030 E DO ACELERÔMETRO 356B41 UTILIZADOS NO EXPERIMENTO.....	126
ANEXO C – RELATÓRIO TÉCNICO DE PESAGEM DO TRATOR VALTRA BM125I.....	128

1 INTRODUÇÃO

A utilização de máquinas agrícolas tem apresentado alguns efeitos nocivos à saúde dos operadores, sendo que as operações mecanizadas devem ser planejadas com o intuito de aumentar a rentabilidade no campo e reduzir custos. Para isso, também se faz necessário que no projeto de uma máquina agrícola sejam levados em consideração fatores ergonômicos, para aumentar a segurança da máquina, reduzir a fadiga, que diminui a qualidade de trabalho, e reduzir os riscos à saúde.

Com o passar dos anos aumentou-se a preocupação com o conforto e a segurança do operador no seu ambiente de trabalho e isso tem chamado a atenção de diversos profissionais voltados ao estudo da ergonomia, no projeto de tratores agrícolas, devido às adversidades existentes no meio agrícola e os perigos que essas máquinas apresentam em relação ao uso, ocorrência de acidentes e em função de sua exposição a fatores como: vibração, ruído entre outros fatores.

Quando o corpo humano é exposto a vibrações e a choques mecânicos, isso pode causar desconforto e problemas de saúde, por exemplo, dores lombares e alterações fisiológicas. Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de entender o comportamento do corpo humano quando exposto a vibrações de corpo inteiro e os efeitos colaterais relacionados a essa interação, sendo esse um tema atual que preocupa a comunidade científica que busca identificar os males relacionados à atividade, para que sejam elaboradas medidas de prevenção.

No trator agrícola as principais formas de transmissão da vibração devido ao contato direto com o operador são: o assento, o volante e o piso da plataforma, e diversos são os parâmetros que podem influenciar a mesma como: tipo de pneu, velocidade de deslocamento do trator e o tipo de equipamento agrícola acoplado ao trator entre outros fatores.

Acredita-se que ao utilizar um equipamento agrícola acoplado ao trator ocorra uma mudança nas vibrações produzidas, dessa forma faz-se necessário avaliar vários equipamentos agrícolas utilizados ao longo do processo produtivo para determinar se o uso dos mesmos influencia na vibração incidente ao operador e nos possíveis malefícios a saúde do mesmo.

A pesquisa teve como objetivo avaliar a vibração de corpo inteiro incidente ao operador de trator agrícola em operação com equipamentos utilizados no preparo periódico do solo (arado de disco, arado de aiveca, grade de disco, enxada rotativa e escarificador).

2 REVISÃO DE LITERATURA

O referencial bibliográfico abordado busca servir como embasamento para o desenvolvimento dos principais temas relacionados ao estudo, para uma melhor compreensão a respeito do mesmo.

2.1 Ergonomia

A palavra ergonomia surgiu a partir do termo grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis e regras). Em 1857 foi a primeira vez que o termo ergonomia foi utilizado (ABRAHÃO *et al.* 2009)

Segundo Iida e Guimarães (2016) o estudo da ergonomia surgiu após a II Guerra Mundial, a partir de trabalhos realizados por profissionais de diversas áreas. A ergonomia pode ser definida como a adaptação do trabalho ao homem.

Segundo Ferrari (2014) a ergonomia consiste em uma área do conhecimento que é permeada por várias linhas de pensamentos que buscam a convergência para o mesmo ponto: a adequação do trabalho ao usuário. O trabalho pode ser um equipamento ou produto, podendo este ser de uma simples caneta a cabine de um avião.

“A ergonomia é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.” (ABRAHÃO *et al.*, 2009, p.63).

Segundo Moraes e Mont’alvão (2000) a ergonomia estuda o trabalho real para produzir procedimentos mais racionais de forma mais produtiva. As abordagens variam, porém é indispensável que se entenda que a ergonomia não pode ser apenas uma ciência teórica, mas sim prioritariamente prática.

Segundo Márquez (2012) a ergonomia estuda as atividades que utilizam máquinas com o objetivo de melhorar as condições de trabalho, considerando os efeitos entre o homem e a utilização da máquina. Dul e Weerdmeester (2001) afirmam que a ergonomia se aplica ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, tendo como objetivo melhorar a segurança, saúde, eficiência no trabalho e o conforto do trabalhador.

Conforme IEA (International Ergonomics Association, 2017) a ergonomia ajuda a harmonizar as coisas que interagem com as pessoas em termos de necessidades, habilidades e

limitações. Existindo assim, domínios de especialização dentro da ergonomia, que representam competências mais profundas em atributos humanos específicos ou características de interação humana. Domínios de especialização dentro da disciplina de ergonomia são, em geral, os seguintes:

- Ergonomia física: “refere-se às características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas da pessoa humana, relacionadas à atividade física. (Tópicos relevantes incluem posturas de trabalho, manipulação de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, disposição do local de trabalho, segurança e saúde.)” (IEA, 2017).

- Ergonomia cognitiva: “se preocupa com processos mentais, como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, pois afetam as interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema. (Os tópicos relevantes incluem carga de trabalho mental, tomada de decisão, desempenho qualificado, interação homem-computador, confiabilidade humana, estresse no trabalho e treinamento, pois estes podem estar relacionados ao design do sistema humano)” (IEA, 2017).

- Ergonomia organizacional: “preocupa-se com a otimização dos sistemas sociotécnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. (Os tópicos relevantes incluem comunicação, gerenciamento de recursos de tripulação, design de trabalho, design de horários de trabalho, trabalho em equipe, design participativo, ergonomia comunitária, trabalho cooperativo, novos paradigmas de trabalho, organizações virtuais, tele trabalho e gerenciamento de qualidade)” (IEA, 2017).

Segundo Antonucci *et al.* (2012) profissionais de diversas áreas vêm mostrando a sua preocupação com o conforto e a segurança do operador ao considerar os fatores humanos em projetos.

Segundo Abrahão *et al.* (2009) a função do ergonomista é:

“Contribuir para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas”.

Antonucci *et al.* (2012) afirmam que é possível melhorar o conforto e a segurança dos operadores de tratores agrícolas ao considerar fatores humanos nos projetos dessas máquinas, pois os operadores são expostos as adversidades infligidas pela natureza no meio agrícola, e conforme Monteiro e Albiero (2013) à periculosidade que as máquinas apresentam no seu manuseio e os acidentes envolvidos nesse conjunto.

2.2 Estudos ergonômicos em tratores agrícolas

De acordo com Iida e Guimarães (2016) a baixa qualidade ergonômica de um trator agrícola faz com que o operador esteja exposto a efeitos nocivos além da jornada de trabalho, que agrava ainda mais o problema, principalmente durante a safra, onde a jornada torna-se bastante árdua, uma vez que o operador está exposto ao ambiente e a vibrações e ruídos.

Segundo Ribas *et al.* (2014) apesar dos tratores proporcionarem aumento da produtividade, o seu uso pode causar danos a saúde do operador de máquinas agrícolas, que muitas vezes as operam por mais de 10 horas seguidas diariamente, devido essa longa jornada o conforto e a segurança do operador de tratores agrícolas são de fundamental importância.

Entretanto, o desenvolvimento de tratores tem evoluído muito em termos de ergonomia nos últimos anos. Alguns tratores atuais já dispõem de postos de trabalho com preocupações ergonômicas que eram exclusivas de veículos leves e caminhões (VEIGA *et al.*, 2014).

Conforme Santos *et al.* (2016) atualmente, em relação aos desenvolvimentos tecnológicos no projeto de máquinas agrícolas existe uma tendência relacionada à pesquisa da ergonomia e segurança visando melhorar as condições de trabalho e reduzir tanto o risco de fadiga como de acidente e o maquinário disponível em mercado está evoluindo cada vez mais.

Dessa forma, segundo Guimarães e Brisola (2013) cada vez mais se torna necessário o estudo das vibrações em tratores agrícolas, pois os resultados experimentais contribuem para o aperfeiçoamento no projeto dessas máquinas e assim é possível melhorar o conforto do operador durante a jornada de trabalho. (PINHO *et al.*, 2014).

Conforme Alonço (2004) um projeto de trator que possua um enfoque ergonômico, proporciona maior confiabilidade, qualidade de operação e eficiência, através do aperfeiçoamento do conjunto homem/máquina. Segundo Santos (2016) em países da União Europeia, existe a obrigatoriedade de que máquinas agrícolas sejam concebidas obedecendo às diretivas de segurança estabelecidas conforme No Brasil tais normas existem, porém diversos fabricantes estão fora dos padrões estabelecidos.

Em máquinas em geral, existem áreas ou zonas que são classificadas como zonas de conforto, de acesso e zonas inacessíveis, abrangendo comandos tanto acionados pelas mãos quanto pelos pés. Assim, conhecendo o espaço do qual as mãos e os braços necessitam para o movimento, é possível obter um melhor planejamento do posicionamento de controles e comandos de operação (NIETIEDT *et al.*, 2012).

Para Silva *et al.* (2011) a evolução dos assentos dos tratores contribuíram significativamente para a mudança comportamental principalmente através de mais estabilidade para o corpo, porém assentos mais confortáveis podem trazer problemas ergonômicos para o operador alcançar a disposição dos comandos.

2.3 Agentes de Risco

Os agentes de risco no ambiente laboral podem ser classificados em: Riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidente, conforme a Portaria nº 25, de 29 de dezembro de 1994, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1994).

A Portaria nº 3.214, do Ministério do Trabalho contém as normas regulamentadoras que consolidam a legislação trabalhista, relativas à segurança e medicina do trabalho. A classificação dos riscos na sua Norma Regulamentadora nº 5 (NR-5) (BRASIL, 1994).

Os agentes de risco físico são aqueles que dependem do ar para se propagar mecanicamente e assim afetar o homem. Seus efeitos também podem ser sentidos mesmo por quem não está exposto diretamente a fonte de risco dentro de um médio a longo prazo (VASCONCELOS, 2017).

Compete ao empregador zelar pela saúde de seus colaboradores reduzindo a incidência ou a intensidade dos riscos a que estes são expostos no ambiente laboral. Sempre buscando a conscientização do trabalhador sobre a importância de realizar boas práticas de trabalho e fornecer equipamentos de segurança individual (EPI) necessários (VASCONCELOS, 2017).

Os riscos físicos podem acarretar em perda ou redução da capacidade auditiva, nervosismo, estresse, cefaleia, câncer, dentre outros problemas de saúde (IWAMOTO *et al.*, 2008).

A medicina ocupacional avança através de uma proposta interdisciplinar de conhecimento, com base na higiene ocupacional, atrelando o ambiente de trabalho ao corpo do trabalhador, um conjunto de fatores de risco é considerado na ocorrência de uma doença ocupacional, e deve ser avaliada pela clínica médica e indicadores ambientais e biológicos de exposição e efeito (GOMEZ; THEDIM-COSTA, 1997).

O Quadro 1 apresenta todos os agentes de risco conforme a Portaria nº 25 do Ministério do Trabalho no ambiente laboral, divididos em: riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidente.

Quadro 1 – Agentes de risco no ambiente laboral

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV	GRUPO V
VERDE	VERMELHO	MARROM	AMARELO	AZUL
Riscos	Riscos	Riscos	Riscos	Riscos
Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonômicos	de Acidente
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Neblinas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não-ionizantes	Gases	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Vapores	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Substâncias, compostos ou produtos químicos em geral	Bacilos	Trabalhos em turnos diurno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Umidade	-	-	Jornada de trabalho prolongada	Armazenamento inadequado
-	-	-	Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
-	-	-	Outras situações causadoras de estresse físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Fonte: Adaptado de: BRASIL, 1994.

2.4 Vibração

Segundo Saliba (2014) a vibração está presente desde o início da História da Humanidade, por meio de instrumentos rudimentares (tambores, apitos entre outros) que representaram grande importância para os povos primitivos como meios de comunicação, posteriormente surgiram os instrumentos musicais (percussão, cordas e etc.) que foram criados aproveitando movimentos vibratórios, geradores de ondas sonoras.

Segundo Vendrame (2017) “um corpo está em vibração quando descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto fixo.”. O número de vezes em que o ciclo completo do movimento é percorrido durante um segundo é chamado de frequência (ciclos por segundo - cps ou Hertz – Hz). O modelo vibratório é caracterizado pelo deslocamento ao longo do tempo, com o intercâmbio de energia potencial por cinética e vice-versa, resultando em movimento oscilatório.

Segundo Back (1983) a vibração existe em todo sistema mecânico, seja em menor ou maior intensidade, porém não é possível eliminá-la, apenas reduzir os seus efeitos através da adição de componentes atenuantes que permitam controlar ou isolar estes fenômenos, tornando os níveis de vibração aceitáveis. Segundo Vendrame (2017) a vibração é um agente nocivo presente em várias atividades laborais do nosso cotidiano.

Conforme Fernandes *et al.* (2003) a vibração mecânica é o movimento de um corpo, que oscila em torno de sua posição de equilíbrio. A maioria das vibrações em máquinas é indesejável, em virtude do aumento da tensão e as perdas de energia que as acompanham. Dessa forma, devem ser reduzidas ou eliminadas por meio de projetos adequados.

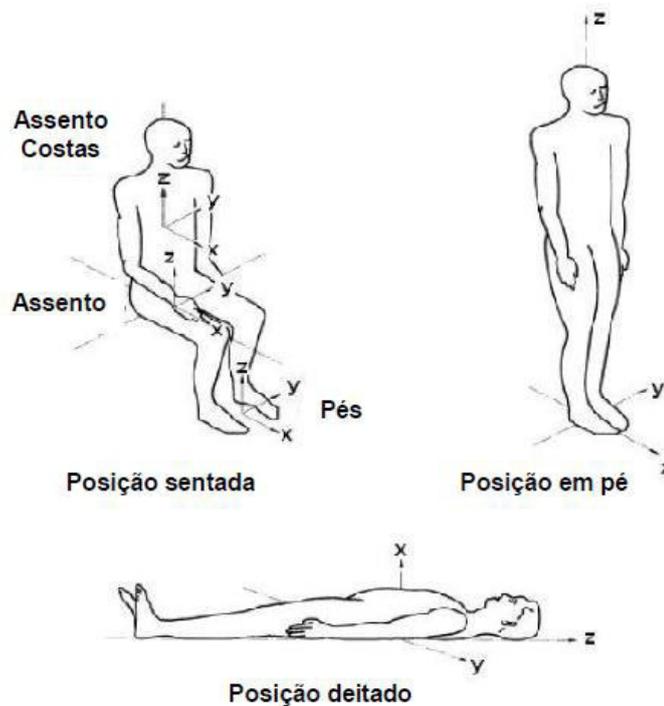
2.4.1 Vibração ocupacional

Segundo Palmer *et al.* (2000) a vibração ocupacional é entendida como um fator de risco para o desenvolvimento de doenças relacionados ao trabalho, sendo uma das causas de incapacidade física para trabalhadores.

De acordo com Ribas (2012) as vibrações consistem em uma mistura complexa de diversas ondas, com frequências e direções diferentes e segundo Cunha *et al.* (2009) é através da análise destes componentes que se pode calcular o nível médio das vibrações incidentes ao operador.

De acordo com a ISO 2631 (ISO, 1997) no corpo humano, a vibração pode ser medida em três eixos ortogonais (x, y e z), a direção (z) vibração vertical, na direção (x) estão do eixo longitudinal e na direção (y) eixo transversal da direita para a esquerda (Figura 1).

Figura 1 - Representação do sistema ortogonal dos eixos para a medição da vibração



Fonte: ISO 2631-1 (1997).

O valor RMS (root-mean-square) ou aceleração média é a mais importante medida da amplitude, porque mostra a média da energia contida no movimento vibratório. Dessa forma, é possível mostrar o seu potencial destrutivo (Fernandes, 2000). Corresponde à raiz média quadrática dos diversos valores de aceleração instantânea ocorridos no período de medição, é expressa em $m.s^{-2}$, podendo ser medida nos eixos x, y e z, conforme Equação 1:

$$RMS = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (m.s^{-2}) \quad (1)$$

sendo:

$a_j(t)$ corresponde aos valores $a_x(t)$, $a_y(t)$ ou $a_z(t)$, em $m.s^{-2}$, segundo os eixos ortogonais x, y e z, respectivamente;

$t_2 - t_1$ corresponde ao tempo de medição (FUNDACENTRO, 2013).

Conforme Saliba (2014) na área de higiene ocupacional, a quantificação da vibração é principalmente feita por meio da aceleração do movimento em $m.s^{-2}$, os parâmetros relacionados à amplitude são: o valor do pico, pico a pico e RMS. O valor de pico representa a aceleração máxima em um intervalo de tempo. O valor pico a pico representa a distância do valor máximo e mínimo. O valor RMS corresponde a média da energia do movimento vibratório.

De acordo com Vendrame (2017) o modelo vibratório é caracterizado pelo deslocamento ao longo do tempo, com o intercâmbio de energia potencial por cinética e vice-versa, o que resulta em movimento oscilatório.

O movimento pode consistir em um simples componente e ocorrer em uma única frequência (diapasão) ou vários componentes que ocorrem em diferentes frequências ao mesmo tempo (motores de combustão interna) (VENDRAME, 2017).

Segundo Vendrame (2017) as atividades agrícolas submetem os trabalhadores a vibrações localizadas denominadas vibração de mãos e braços (VMB) e as vibrações de corpo inteiro (VCI).

Segundo Fernandes *et al.* 2003 os níveis de vibração em tratores agrícolas, proporcionam sensações de incômodo ao operador e aumento de sua fadiga física e mental. O conforto do trator, geralmente é verificado por meio de análises: subjetivas ou objetivas. A análise subjetiva é mais simples e consiste na avaliação do conforto por meio de uma ou mais pessoas, que possuam experiência na área, já a análise objetiva inclui a determinação das amplitudes, direções, frequência e duração com que as vibrações ocorrem.

Segundo Santos Filho (2002) para amortecer e amenizar estas vibrações incidentes ao posto de operação, têm-se estudado várias alternativas de implantação de um sistema de suspensão mais eficiente para o posto do operador.

2.4.1.1 Vibrações de corpo inteiro

Palmer *et al.* (2008) explicam que a exposição ocupacional as vibrações de corpo inteiro (VCI), do inglês *whole-body vibration* (WBV), ocorrem em diversas profissões e são definidas por Iida e Guimarães (2016) como a vibração transferida para o corpo inteiro através do contato assento-operador ou através do contato dos pés com o piso do posto de operação.

Conforme Silva e Mendes (2005) as vibrações de corpo inteiro são um estímulo existente em diversas realidades de trabalho, naturalmente é diferenciada a exposição de um

trabalhador envolvido diretamente no processo ao longo de sua jornada de trabalho, em relação a outras pessoas que possam ser expostas esporadicamente ou por um curto período de minutos/horas ao longo do dia.

Conforme a ISO 2631-1 (1997) a resposta do corpo à vibração de corpo inteiro é influenciada pela direção da vibração e da região do corpo a ser atingida. Essas variáveis podem ser quantificadas conforme um sistema de coordenadas, definidas por eixos ortogonais: “x” que é o eixo frontal, das costas para frente; “y” é o eixo sagital, da direita para esquerda e “z” o eixo longitudinal, que vai dos pés à cabeça.

A ISO 2631 (1978) define três limites de exposição do corpo humano às vibrações, sendo eles: nível de conforto reduzido, nível de eficiência reduzida/fadiga e limite de exposição. Estes limites são estabelecidos em função de níveis de frequência vibratória, acelerações, tempo de exposição e direção da vibração. As medições devem ser realizadas o mais próximo possível do ponto na qual a vibração é transmitida ao corpo para verificar o seu nível real de ação.

Segundo Nietiedt *et al.* (2012), o acelerômetro deve ser colocado no assento em relação ao Ponto de Referência do Assento (SIP) definido pela NBR ISO 5353 (ABNT, 1999).

2.5 Vibração ocupacional de corpo inteiro em tratores agrícolas

Conforme Baesso *et al.* (2015) a mecanização agrícola é crucial no desenvolvimento da agricultura, permitindo melhores índices de produção e produtividade, além de maior velocidade de trabalho e maior área trabalhada, permitindo assim a exploração de maiores áreas e maior uniformidade de trabalho.

As operações agrícolas envolvem os agricultores por muitas horas por dia, em vários períodos do ano, durante os dias mais movimentados, os operadores chegam a trabalhar em jornadas de 12 até 14 h por dia (Sorainen *et al.*, 1998), prática que permanece até os dias de hoje.

Conforme Rozin (2004) ao realizar operações com o trator agrícola, o operador está exposto a uma série de fatores ambientais, que possuem influência direta no seu rendimento, conforto e segurança como:

- A posição do corpo do operador ao acessar os comandos e alavancas do mesmo;
- Condições climáticas: como temperaturas extremas, radiação solar, problemas de ventilação e umidade;

- Nível de intensidade sonora produzida pelo motor e ou transmissão do trator; partículas suspensas no ar como poeiras, gases e produtos químicos;
- Vibração do assento causada pela máquina e pelas irregularidades do terreno.

A maioria dos tratores agrícolas que circulam no país, apresentam problemas de conforto e segurança para os operadores e os itens segurança, proteções, dispositivos e sistemas de segurança previstos em normas regulamentadoras, devem integrar as máquinas agrícolas desde a sua fabricação, não podendo ser considerados itens opcionais para quaisquer fins (BAESSO *et al.*, 2015)

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) a operação com tratores agrícolas engloba dois fatores: o homem como o operador e a máquina (trator). A interação desses dois fatores depende de inúmeros fatores como: temperatura, luminosidade, fadiga, desconforto entre outros. De acordo com Sandi *et al.* (2016) uma das variáveis que mais afeta o rendimento produtivo dos operadores e que pode causar diversos problemas de saúde é a vibração gerada pelo funcionamento do trator.

A exposição ocupacional à vibração do corpo inteiro é comum nas populações que trabalham com veículos auto propelidos (PALMER *et al.*, 2008). Os locais de trabalho com alto nível de vibração do corpo inteiro são numerosos e incluem principalmente os assentos de tratores, máquinas de construção e veículos de transporte (Smith e Leggat, 2005).

Segundo Gallagher e Heberger (2015) um método eficaz de reduzir o risco de lesão do trabalhador é realizar a concepção da plataforma de operação voltada para o bem-estar dos operadores, pois diversos problemas podem ser evitados apenas mudando a concepção da plataforma de trabalho.

No mercado de máquinas agrícolas existe uma inclinação dos fabricantes a dar maior atenção aos aspectos ergonômicos do maquinário. Porém, estudos recentes ressaltam a necessidade de diversos aperfeiçoamentos no projeto ergonômico do trator agrícola, como forma de minimizar problemas como: ruído e vibração (BAESSO *et al.*, 2015).

Segundo Scarlett *et al.* (2005) os hábitos do operador durante a jornada de trabalho podem influenciar na vibração incidente ao operador. Quando o operador muda de hábito para uma operação mais consciente, atenta e organizada, e quando os novos métodos se tornam hábitos, ocorre o aumento da produtividade, além da redução de outros fatores nocivos.

Segundo Santos (2005) um dos fatores mais importantes a serem considerados quando desenvolvem um projeto de trator agrícola é o assento do trator. Conforme Tan, Delbressine e Rauterberg (2007) essa preocupação com o assento é devido ser o ponto onde o

operador realiza o seu trabalho, onde ele se posiciona ao longo de toda a jornada. Dessa forma, existe uma exigência de conforto para esse assento, seja pelo aspecto funcional, como pelo aspecto estético, que têm aumentado desde que os usuários começaram a compreender as melhorias proporcionadas por um modo de operação mais confortável e seguro.

Fernandes *et al.* (2003) elucidam que os níveis de vibração excessivos nos tratores agrícolas a que os operadores estão expostos são bastante desconfortáveis e por consequência desta exposição ocorre aumento da fadiga física e mental do operador. Pois conforme Iida e Guimarães (2016) no posto de trabalho o operador não possui uma postura estável, devido o contato dos membros do corpo com o piso da plataforma de operação, com o volante e com o assento, que proporciona a propagação das vibrações para o corpo durante a jornada de trabalho, proporcionando diversos problemas na coluna vertebral, como hérnia de disco e degenerações na região lombar.

De acordo com o tipo de veículo, diferentes estratégias mostram potencial para reduzir a exposição à vibração de corpo inteiro. Para alguns veículos, os sistemas de suspensão mostram o potencial mais elevado, ao passo que outros veículos requerem educação do operador e/ou planeamento da área melhorado (Langer *et al.*, 2012).

2.6 Efeitos da vibração no corpo humano

Segundo Zehsaz *et al.* (2011) a resposta humana a vibração é afetada por fatores físicos como: duração, frequência, intensidade e direção. Caso um destes fatores ultrapasse os nível adequados o operador já está exposto a riscos em sua saúde.

Segundo Figueiredo, Silva e Barnabé (2016) devido a exposição do operador as vibrações de corpo inteiro, um dos desfechos decorrentes é o aparecimento de patologias relacionadas à coluna vertebral, que causam o comprometimento das atividades laborativas, ausências ao trabalho.

Diversas pesquisas expõem os riscos que a vibração do corpo inteiro (VCI) pode causar como problemas biomecânicos nas costas (Scarlett *et al.*, 2007; Mayton *et al.*, 2010).

Segundo Santos Filho *et al.* (2003) os tratores e as máquinas agrícolas produzem vibrações de baixa frequência que são transmitidas para o posto de operação, e estas podem gerar problemas de visão, irritabilidade, deformações lombares e problemas digestivos.

Segundo Vendrame (2017) um agente nocivo presente em diversas atividades laborais do nosso cotidiano é a vibração e as atividades agrícolas expõem os trabalhadores tanto as vibrações de mãos e braços (VMB), como as vibrações de corpo inteiro (VCI).

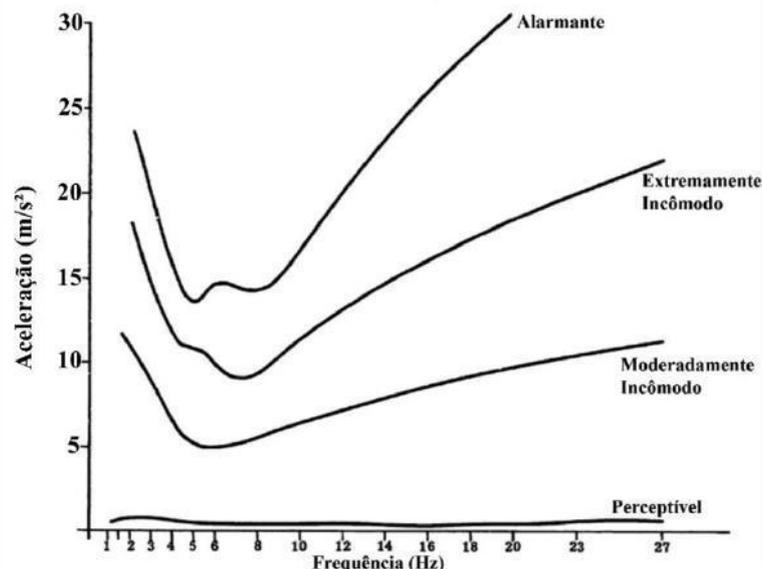
A exposição a longo prazo as vibrações de corpo inteiro (VCI) proporciona efeitos adversos a saúde humana, causando uma série de problemas de saúde na região posterior, como degeneração da coluna vertebral e doença do disco vertebral (Bovenzi e Hulshof, 1999).

O sintoma da dor lombar é mais comum nos trabalhadores expostos à vibração do que nos trabalhadores que não são expostos à vibração (Bovenzi e Betta, 1994; Bovenzi *et al.*, 2006; Lings e Leboeuf-Yde, 2000).

A exposição periódica de um operador a vibrações em seu posto de trabalho pode ocasionar lesões que afetem os órgãos internos, conforme a parte do corpo afetada e com o nível de intensidade de vibração. Vários desses problemas podem ser evitados através de levantamentos de dados a respeito das condições de trabalho e através da adoção de valores limites para os níveis de exposição do operador (KROEMER e GRANDJEAN, 2005).

A Figura 2 apresenta como o corpo humano responde às acelerações que podem atingi-lo, de acordo com a intensidade e a frequência. Também é possível observar que as vibrações com intensidade maior são as mais prejudiciais. Outro fato que se conclui com a análise da Figura 2 é que conforme a frequência da vibração aumenta, a sua intensidade também aumenta proporcionalmente.

Figura 2 - Resposta humana subjetiva às curvas de vibração



Fonte: Chaney (1964).

Conforme Vendrame (2017) existem vários efeitos danosos a saúde catalogados em função da exposição à vibração, sendo que os principais e mais danosos são:

- Perda do equilíbrio e lentidão de reflexos;

- Alteração no sistema cardíaco como: aumento da frequência do batimento cardíaco;
- Efeitos psicológicos como: falta de concentração;
- Apresentação de distúrbios visuais como: visão turva;
- Efeitos no sistema gastrointestinal como: enjoo, gastrites e até ulcerações;
- Manifestação do mal do movimento (cinetose) com sintomas de náuseas, vômitos e mal estar geral;
- Comprometimento as vezes permanente, de determinados órgãos do corpo;
- Degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso, especialmente para os submetidos a vibrações localizadas.

Conforme Vendrame (2017) cada parte do corpo humano vibra em uma frequência característica, quando uma vibração proveniente do meio externo com uma frequência igual ou semelhante atinge essa determinada parte, ocorre então o fenômeno da ressonância ou amplificação da vibração. Esse fenômeno é que pode vir a desencadear diversos tipos de doenças ao operador.

Sandi *et al.* (2018) afirma que grande parte dos problemas de saúde relacionados a vibração podem ser evitados por meio de levantamentos de dados das condições de trabalho e pela adoção de valores limites para os níveis de exposição.

Conforme Koley *et al.* (2010), os operadores de tratores agrícolas devem tomar precauções com a coluna vertebral, pois as vibrações de baixa frequência, durante longos períodos de exposição (característica comum em tratores agrícolas) podem resultar em problemas degenerativos e dores fortes.

2.7 Vibração de ressonância

Segundo Randall, Matthews e Stiles (2010) quando o corpo humano exposto a vibrações de corpo inteiro entra na frequência de ressonância há deslocamento máximo entre os órgãos e a estrutura esquelética e, portanto, esta é uma frequência de vibração que deve ser minimizada no local de trabalho e em outros lugares.

Segundo Doimo (2016) a vibração é um movimento intrínseco aos corpos que possuem massa e elasticidade. O corpo humano possui sua vibração natural, se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que acarreta em ampliação da vibração, e então essa energia vibratória é recebida e absorvida pelo corpo como consequência da atenuação proporcionada pelos tecidos e órgãos.

2.8 Avaliação da vibração de corpo inteiro

Segundo Iida e Guimarães (2016) 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 do corpo pode tanto amortecer, quanto amplificar essas ondas. Quando a amplificação ocorre, significa que parte do corpo passa a vibrar na mesma frequência, a este fenômeno dá-se o nome de ressonância.

Segundo Moraes (2015) diferente de outros agentes físicos ou químicos, onde o trabalhador atua de forma passiva, na exposição ao risco, a exposição as vibrações são caracterizadas pelo contato entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmite a vibração.

Para Tosin (2009), a sensibilidade do corpo às vibrações longitudinais (eixo z) e transversais (eixos x e y) é diferente, sendo a maior sensibilidade nos eixos x e y em baixas frequências.

A Tabela 1 apresenta os principais órgãos com suas respectivas frequências de ressonância.

Tabela 1 – Frequência de ressonância ou natural dos órgãos do corpo humano

Órgãos	Frequências de ressonância [Hz]
Pulmões	4 a 8
Abdômen	4 a 8
Ombros	4 a 8
Coluna	4 a 8
Cabeça	20 a 40
Mãos e braços	20 a 70
Tórax	60
Globo ocular	60 a 90
Maxilar	100 a 200

Fonte: (HARRIS, PIERSOL e PAEZ, 2009).

A análise de vibração consiste em posicionar um sensor, chamado de acelerômetro, sobre alguns pontos peculiares da máquina, em diferentes direções e tomar o sinal de vibração gerado pelos componentes dinâmicos da máquina por alguns segundos. O

acelerômetro pode ser fixado temporariamente com imã ou outro dispositivo, ou permanentemente, dependendo das condições de acesso ao ponto de medição e do tipo de sistema de monitoramento que pode ser *on-line* ou *off-line*. (SEMEQ, 2013).

Segundo Seidel (2005) em estudos realizados com vibração de corpo inteiro em ambientes de transporte, existe a predominância do maior nível de aceleração encontrada estar no eixo z, sendo devido ao fato de existir uma maior tendência do movimento no sentido vertical.

De acordo com Ximenes (2006) e Walber e Tamagna (2010) relação ao corpo humano, este é mais sensível na faixa de 4 a 7 Hz, que corresponde à frequência de ressonância na direção vertical, no eixo z. Nas outras direções dos eixos x e y, as frequências de ressonância ocorrem de 1 a 2 Hz.

2.9 Sistemas de cultivo, preparo periódico do solo e tráfego de máquinas e implementos agrícolas

Segundo Silva e Mielniczuk (1998), quando se realiza um determinado tipo de manejo por um período, as condições físicas do solo tendem a atingir um estado estável, o qual é dependente das condições edáficas e climáticas. Então diferentes sistemas de manejo resultam em diferentes condições de equilíbrio físico do solo, condições essas que podem ser desfavoráveis à conservação do solo e à produtividade das culturas, pois influem na formação e estabilização dos agregados do solo, os quais são responsáveis pela dinâmica do sistema solo.

Vários são os trabalhos realizados (SILVA e MIELNICZUK, (1998); FREIXO *et al.* (2002); PALMEIRA *et al.* (1999), COSTA GOEDERT e SOUSA, (2006); CORRÊA, (2002), CORSINI e FERRAUDO, (1999)) buscando avaliar o efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados e observam que o uso de sistemas de cultivo conservacionistas ajudam a melhorar a estrutura e estabilidade dos agregados além de melhoria na qualidade do solo e etc.

A utilização correta do conjunto trator-equipamento, pode gerar uma significativa redução no consumo de energia, o que acarreta em menor custo operacional e maior lucro para a empresa (MONTEIRO *et al.*, 2013), além de reduzir processos de compactação e até a transmissão das vibrações incidentes ao operador.

Conforme Derpsch *et al.* (1991) o sistema convencional consiste na realização de uma aração, através do uso do arado de disco ou aiveca, ou grade aradora, caracterizado como preparo primário do solo, seguida de uma ou duas gradagens para destorroamento e nivelamento, através do uso de grades, também denominado de preparo secundário do solo. Dessa forma o sistema convencional mobiliza todo o solo da área trabalhada, sem manter material de cobertura em superfície.

O tráfego excessivo e/ou inadequado de equipamentos agrícolas e a movimentação do solo contribuem de forma significativa para causar modificações no tamanho dos agregados do solo, o que pode acarretar em redução da porosidade total, aumento da densidade do solo e aumento na proporção de microporos em relação a quantidade de macroporos, pois os macroporos são altamente afetados pela movimentação do solo (Cintra, 1980; Silva, 1980).

Conforme Seguy *et al.* (1984), os principais efeitos causados pela pulverização do solo são: o favorecimento da formação de faixas compactadas abaixo da camada de solo preparada e aumento da exposição dos compostos orgânicos, que tornam sua mineralização muito rápida e facilmente perdida.

Conforme Dallmeyer (1994) o cultivo reduzido do solo é aquele que se realiza em um menor número de operações que o preparo convencional, culminando em menor incorporação de resíduos vegetais, menor custo de preparo e redução das perdas por erosão.

Segundo ASAE (2005) considera-se como cultivo mínimo (*conservation tillage*) qualquer sistema que mantenha um mínimo de 30% de cobertura de resíduos na superfície do solo após o plantio para reduzir a erosão do solo pela água; ou onde a erosão do solo pelo vento é a principal preocupação, mantem-se pelo menos 1.100 kg / ha de resíduo na superfície do solo durante o período crítico de erosão.

De acordo com Oliveira *et al.* (2012) o sistema plantio direto consiste no menor grau de mobilização do solo possível, devido a baixa extensão de superfície do terreno trabalhada, e o grau de fragmentação do volume de solo mobilizado. A estrutura do solo é rompida apenas para se colocar nela sementes, mudas ou partes vegetativas das plantas, ficando a maioria dos resíduos culturais remanescentes na superfície.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Marconi (2003) é indispensável correlacionar a pesquisa com o universo teórico, de forma que todo o trabalho abranja as premissas em que o pesquisador fundamentará sua interpretação. Na seguinte seção foram abordados todo o material e os métodos que foram necessários para a elaboração da pesquisa.

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em área experimental (Figura 3) do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA).

Figura 3 – Área do experimento



Fonte: Google Maps (2018).

A área na época de realização do experimento estava sendo utilizada para sistemas convencionais de plantio e não possuía material de cobertura vegetal em superfície, além de apresentar relevo plano levemente ondulado.

O solo da área experimental foi classificado de acordo com SiBCS (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 Quadro 2 apresenta a localização e as principais características da área experimental.

Quadro 2 – Localização e as principais características da área experimental

Coordenadas geodésicas:	Latitude 3°44'S Longitude 38°33'W
Altitude:	20 metros
Tipo climático conforme classificação de Köppen (1918):	Aw

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Para determinar a umidade do solo foram coletadas cinco amostras de solo (0 – 20 cm), as quais foram pesadas antes e depois de serem colocadas na estufa a 60°C até obter massa constante.

A umidade do solo foi determinada a partir do método gravimétrico, conforme EMBRAPA (1997). Cinco amostras foram coletadas para cada equipamento, com estrutura deformada, em latas de alumínio numeradas e com peso conhecido, que posteriormente ao seu preenchimento com solo foram pesadas e então transferidas para uma estufa a 105°C, por um período de 24 horas. Por fim, após serem retiradas da estufa foram pesadas novamente.

A massa de água foi determinada pela diferença entre a massa da amostra úmida e a massa após secagem, então a umidade do solo foi determinada pela Equação 2.

$$\omega = \frac{M_{\omega}}{M_t - M_{\omega}} \quad (2)$$

onde:

ω – Umidade do solo;

M_{ω} – Massa de água;

M_t – Massa da amostra úmida.

Os equipamentos utilizados foram ensaiados várias vezes, sendo utilizados apenas os dados que apresentavam valores de umidade aproximados, para evitar que a diferença de umidade no solo influenciasse de alguma forma nos resultados. Na Tabela 2 são apresentados os valores de umidade obtidos durante os ensaios.

Tabela 2 – Valores percentuais de umidade do solo no momento dos ensaios

Equipamento	Arado de aiveca	Arado de disco	Grade leve	Enxada rotativa	Escarificador
Umidade (%)	6,5	6,8	6,1	6,2	6,5

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

3.2 Trator

O trator utilizado (Figura 4) foi um trator 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) da marca Valtra®, modelo BM 125i.

Figura 4 - Trator Valtra BM 125i



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O Quadro 3 apresenta informações complementares sobre o trator utilizado no experimento.

Quadro 3 – Informações trator VALTRA® BM125i

Ano de fabricação:	2011
Nº de cilindros:	4
Cilindrada total:	4400 cm ³
Potência nominal do motor:	91,9 kW (125 cv)
Sistemas de sobre alimentação:	- Turbina - Intercooler

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Foram utilizados pneus radiais da marca Goodyear®, tipo R1. Na Tabela 3 são apresentadas as medidas dos pneus e a pressão interna de ar nos mesmos que foram utilizadas, as pressões foram determinadas em função do catálogo do fabricante de acordo com a carga incidente sobre o pneu.

Tabela 3 – Medida dos pneus e pressão interna de ar nos pneus

Eixo	Medida do pneu	Pressão recomendada (kPa)
Eixo dianteiro	14.9R-24	68,9
Eixo traseiro	18.4R-34	82,7

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Para determinar a área de contato do pneu com o solo foi utilizado o método presente em Barger *et al.* (1966) que é apresentado pela Equação 3.

$$A \cong 0,78 \cdot b \cdot l \quad (3)$$

onde,

A – área de contato pneu-solo ou área cisalhada;

b – largura da marca no solo do dispositivo de tração;

l - da marca no solo do dispositivo de tração.

A área de contato obtida do pneu com o solo para o pneu dianteiro foi de 0,184 m² e para o pneu traseiro 0,268 m².

A rotação do motor foi fixada em 1.860 rpm, onde foram selecionadas as marchas L1 e L3, sempre com o botão de multitorque na tartaruga.

A velocidade de deslocamento do trator e dos conjuntos trator-equipamento agrícola foram determinadas percorrendo uma faixa de 50 m de comprimento por 5 m de largura, sendo que o trator iniciava o percurso a uma distância de 5 m da faixa, para estabilização do conjunto, sendo iniciada a marcação do tempo quando o trator entrava na faixa demarcada. O tempo necessário para percorrer os 50 m foi marcado utilizando um cronômetro. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Marchas e rotação do motor utilizadas

Marchas utilizadas	Rotação 1.860 rpm
Marcha L1	3,5 km.h ⁻¹
Marcha L3	6,1 km.h ⁻¹

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

A relação peso/potência foi estabelecida conforme a necessidade dos equipamentos de forma que fosse possível com uma única relação realizar todas as operações de forma adequada. Faz-se necessário o uso de uma única adequação para todas as operações para que seja possível realizar a comparação entre os equipamentos, porém garantindo que os mesmos estejam trabalhando de forma correta.

Foi realizada a pesagem do trator com uma balança (Figura 5) pertencente ao NUTEC (Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará) onde foram pesados os eixos dianteiro e traseiro do trator. No ANEXO C consta o relatório do NUTEC.

Figura 5 - Pesagem do Trator Valtra BM125i



Fonte: Enio Costa (2018).

Não foi utilizado lastro líquido nos pneus. As Figuras 6 e 7 mostram a disposição dos lastros utilizados.

Figura 6 - Localização dos lastros sólidos no eixo dianteiro



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 7 - Localização dos lastros sólidos no eixo traseiro



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Foi utilizada uma relação peso/potência correspondente a 69,3 kg. kW⁻¹ a Tabela 5 apresenta a massa total do trator, distribuição de massa em cada eixo e os lastros utilizados.

Tabela 5 - Valores obtidos após a pesagem, distribuição de lastros e relação peso/potência

	Massa por eixo	Massa total	Quantidade de lastro sólido por eixo	Distribuição de massa por eixo
Eixo dianteiro	2.840	6.370 kg	- 6 lastros sólidos de 37,5 kg	~ 40%
Eixo traseiro	3.530		- 8 lastros sólidos de 85 kg (4 lastros em cada lado)	

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Foi avaliado o patinamento dos rodados para verificar se a relação peso/potência escolhida estava adequada a todas as operações realizadas. O patinamento dos rodados pode ser calculado conforme a Equação 4.

$$P = \left(\frac{n_1 - n_0}{n_1} \right) 100 \quad (4)$$

onde:

P = patinamento das rodas motrizes do trator, em %;
 n_0 = n° de voltas das rodas motrizes do trator, operando com carga; e
 n_1 = n° de voltas das rodas motrizes do trator, operando sem carga.

De acordo com ASAE EP 496.2 (1999) para terrenos arenosos o patinamento ideal está entre 13 a 18%. Na Tabela 6 são apresentados os valores de patinamento obtidos.

Tabela 6 – Valores de Patinamento obtidos

	Trator- arado de aiveca	Trator- arado de disco	Trator- grade	Trator- enxada rotativa	Trator- escarificador
Patinamento (%)	15,5	16,1	15,3	16,2	17,3

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Todos os valores obtidos estão dentro da faixa de patinamento ideal. O que mostra que a adequação escolhida estava dentro dos parâmetros aceitáveis para todas as operações.

3.3 Assento do operador

Para a realização do ensaio foi utilizado o modelo de assento padrão de fábrica do Valtra® BM125i (Figura 8).

Figura 8 - Assento do trator BM125i



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O Quadro 4 apresenta as principais características do assento.

Quadro 4 – Características do assento do trator BM125i

Características	Possui
Encosto superior:	Sim
Descanso para braços:	Sim
Ajuste de inclinação da parte superior:	Não
Apoio da cabeça:	Não
Sistema de amortecimento:	Sim. Estofamento e sistema mola-amortecedor

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

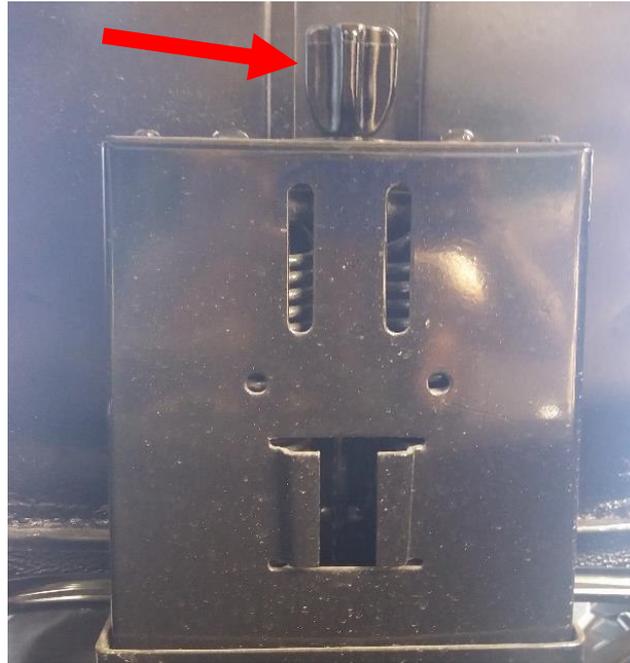
O sistema de amortecimento (mola-amortecedor) foi regulado conforme a necessidade do operador, através de um manípulo que ao ser girado permite o ajuste da rigidez do assento de acordo com a massa do operador. Para a realização do ensaio o assento foi ajustado conforme: altura e massa do operador (Figura 9 e 10).

Figura 9 – Ajuste do assento conforme a altura do operador



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 10 – Ajuste do assento conforme a massa do operador



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O método SEAT (ISO 2631, 1997) foi utilizado para avaliar a eficiência da isolamento do assento (Equação 5), para verificar se o assento atenua ou amplifica as vibrações transmitidas pelo trator ao operador.

$$SEAT\% = \frac{VDV_{wa}}{VDV_{wp}} \times 100 \quad (5)$$

onde,

$SEAT\%$ = *Seat effective amplitude transmissibility* (amplitude efetiva da transmissibilidade do assento);

VDV_{wa} = Valor de dose de vibração nos eixos x, y ou z no assento ($m.s^{-1,75}$);

VDV_{wp} = Valor de dose de vibração nos eixos x, y ou z no piso ($m.s^{-1,75}$).

O método SEAT foi calculado nas condições de trabalho avaliadas, primeiro com o acelerômetro no piso da plataforma (Figura 11) e posteriormente o mesmo processo foi feito com o acelerômetro fixo ao assento do trator (Figura 12). Através deste método é possível verificar para os três eixos X, Y e Z, se o assento utilizado atenua ou amplifica as vibrações.

Figura 11 - Acelerômetro 356B41 fixo no piso da plataforma



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 12 - Acelerômetro 356B41 fixo no assento do trator



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

3.4 Equipamentos de preparo periódico do solo utilizados no experimento

Todos os equipamentos agrícolas utilizados prepararam o solo a uma profundidade de 150 mm, a profundidade foi definida em função de ser uma profundidade de trabalho comum a todos os equipamentos utilizados e ter apresentado valores de patinamento aceitável para todos os equipamentos. Os dados apenas foram coletados em linha reta, cada vez que era necessário realizar uma curva ou manobras de ré, era acionado o botão de pausa no medidor de vibração e ao finalizar a manobra e voltar a se deslocar em linha reta era acionado o botão play e então prosseguia-se com a leitura.

Para operação de aração foram utilizados dois arados, sendo um de disco e outro de aivecas.

O arado de disco (Figura 13) utilizado é da marca BALDAN®, modelo ARH, tricorpo, reversível e montado, ano 2011, com discos de 28", espaçamento entre os discos de 610 mm, largura de trabalho de 800 a 1000 mm, peso de 925 kg.

Figura 13 - Arado de disco



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Foi utilizado um arado de aivecas (Figura 14) da marca MARCHESAN, modelo AAH, o equipamento pesa 428 kg, possui três corpos, de movimentação fixa, montado ao sistema de levante hidráulico do trator, com relhas de corte anguloso e aivecas de uso geral.

Figura 14 - Arado de aivecas



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Para a operação de gradagem foi utilizada uma grade (Figura 15) de dupla ação, off-set da marca MARCHESAN, modelo GN, ano 2009, com largura de trabalho de 2,50 m, com discos lisos e recortados, cada disco possui 52 cm de diâmetro, o espaçamento entre discos é de 18 cm e o peso dos discos é de 32 kg, o que conforme classificação da ABNT (1986) caracteriza a mesma como uma grade leve.

Figura 15 - Grade off-set



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Foi utilizado um escarificador/subsolador para operação de escarificação (Figura 16) com 5 hastes marca MARCHESAN, modelo AST/MATIC 450, com 1.610 kg, equipamento de arrasto acoplado a barra de tração, com rodados de transporte acionados pelo sistema de controle remoto do trator.

Figura 16 – Equipamento utilizado para operação de escarificação



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Enxada rotativa (Figura 17) marca AGRITECH LAVRALE, modelo 4157, com largura de trabalho de 800 mm, com 6 lâminas por flange, sendo 3 para cada lado, equipamento montado ao sistema de levante hidráulico, ano 2008.

Figura 17 - Enxada rotativa



Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

3.5 Procedimentos para medição da vibração ocupacional de corpo inteiro e equipamentos utilizados

Os ensaios foram realizados de acordo com as diretrizes estabelecidas pela norma NHO-09 (Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro) (FUNDACENTRO, 2013) e conforme o anexo A (Medições de campo) da norma NBR ISO 5008 (Tratores agrícolas de rodas e máquinas de campo - Medição da vibração transmitida ao corpo inteiro do operador) que especifica medições em tratores agrícolas (ABNT, 2015). Foi realizado ensaio de campo.

Foi medida a vibração de corpo inteiro do operador (VCI), para realizar as medições foi utilizado o medidor de vibração HD 2030 (Figura 18) da marca DELTA OHM[®]. O Quadro 5 apresenta as principais características do medidor de vibração HD 2030.

Figura 18 - Medidor de vibração HD 2030



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Quadro 5 - Características do medidor de vibração HD 2030

Display gráfico com resolução:	128 x 64 pixel com luz de fundo
Faixa de medição:	0,1 m/s ² a 7000 m/s ²
Normas que o equipamento atende:	ISO 8041:2005 / ISO 5349-1:2001/ ISO 2631-1, 2, 4:1997 / IEC 61260:1995
Modos de medição:	Vibrações transmitidas à mão / Vibrações de corpo inteiro / Vibrações em edificações
Parâmetros de medição:	RMS, VDV, MTVV, PICO, MAX. e MIN.
Ponderação de frequência para vibrações transmitidas a mão e braço:	Fz, Fc, Wh
Ponderação de frequência para vibrações de corpo inteiro:	Fz, Fa, Wb, Wc, Wd, We, Wj, Wk

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Continuação... Quadro 5 - Características do medidor de vibração HD 2030

Ponderação de frequência para vibrações em edificações:	Fz, Fm, Wm
Faixa de linearidade:	Três faixas de 80dB sobrepostos por 70dB
Espectro de faixa:	Oitava ou um terço de oitava para cada eixo de medição.
Memória:	Memória tipo FLASH interna 8MB e conector para cartão de memória tipo SD até 2GB.
Interface:	Serial RS-232 e USB
Entrada/saída:	Saída LINE para quatro canais de medição
Alimentação:	Quatro pilhas alcalinas tipo "AA" 1,5V
Temperatura ambiente:	-10 a 50°C
Umidade ambiente:	<90% U.R.
Temperatura de armazenamento:	-25 a 70°C
Dimensões:	240 x 95 x 50 mm
Peso:	aprox. 680g

Fonte: Delta OHM (2017).

Conectado ao medidor de vibração foi utilizado um acelerômetro triaxial de assento modelo 356B41 (Figura 19).

Figura 19 - Acelerômetro para medição de vibração de corpo inteiro



Fonte: PCB Piezotronics Inc. (2017).

O acelerômetro é fixo em um “*seatpad*” (apoio circular de borracha semi-rígida e plana para a proteção do acelerômetro), a montagem do acelerômetro ao *seatpad* foi realizada conforme ISO 5348 (ISO, 1998) pelo fabricante. No Quadro 6 constam algumas informações a respeito do acelerômetro que foi utilizado.

Quadro 6 - Características do acelerômetro 356B41 para medição da vibração de corpo inteiro

Tipo:	Tri-axial com eletrônico integrado (ICP™) inserido em um apoio emborrachado (<i>seatpad</i>).
Sensibilidade:	100 mV/g
Faixa de medição:	± 100 m/s ²
Frequência de resposta ($\pm 5\%$):	0,5 Hz a 1 kHz
Frequência ressonante:	27 kHz
Linearidade:	1% F.S.
Sensitividade transversa:	5% max.
Impacto máximo:	2000 gpk
Temperatura de operação:	-10 a 50°C
Tensão de polarização: 3,5 Vdc	3,5 V dc

Fonte: Delta OHM (2017).

O acelerômetro foi fixado na base do assento com fita adesiva, de modo que o mesmo estivesse fixo em uma mesma posição durante o ensaio. O acelerômetro foi colocado próximo ao centro do assento, de forma que o cóccix do operador coincidissem no centro do *seatpad* (Figura 20).

Figura 20 – Acelerômetro 356B41 fixado na base do assento



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

3.6 Parâmetros para avaliação da vibração ocupacional

O Quadro 7 apresenta os parâmetros de avaliação utilizados. No Anexo I consta partes da norma NHO-09 onde constam as equações necessárias para calcular cada um dos parâmetros avaliados.

Quadro 7 - Parâmetros de avaliação

<p>Aceleração média nos eixos X, Y e Z ($m.s^{-2}$)</p>	<p>Valor eficaz do movimento vibratório que indica o potencial destrutivo da vibração na direção do eixo X, Y e Z em $m.s^{-2}$ (FUNDACENTRO, 2013).</p>
<p>Aceleração resultante de exposição normalizada aren ($m.s^{-2}$)</p>	<p>Aceleração resultante da exposição convertida para uma jornada de trabalho diária de 8 horas. (FUNDACENTRO, 2013).</p>
<p>Fator de Crista FC</p>	<p>Razão do pico máximo no eixo obtido e a média da aceleração no respectivo eixo. É calculado no período de medição para os eixos X, Y e Z (INSTRUTERM, 2017).</p>
<p>Pico máximo nos eixos X, Y e Z P_{MAXj} ($m.s^{-2}$)</p>	<p>Indica o valor mais alto da aceleração durante a medição nos eixos X, Y e Z (FUNDACENTRO, 2013).</p>
<p>Valor da dose de vibração resultante VDVR ($m.s^{-2}$)</p>	<p>Valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição. Adquire maior importância quando for constatada a ocorrência de choques ou solavancos significativos na exposição do trabalhador sob estudo (FUNDACENTRO, 2013).</p>

Fonte: Adaptado de FUNDACENTRO (2013) e INSTRUTERM (2017).

Para calcular os valores finais de aren e VDVR foi considerada uma jornada diária de 8h de trabalho, com o trator realizando apenas uma operação ao longo de toda a jornada, referente apenas a uma componente de exposição.

Conforme o ANEXO VII da NR-15 Atividades e Operações Insalubres (BRASIL, 2014) caracteriza-se a condição insalubre caso sejam superados quaisquer dos limites de exposição ocupacional diária a VCI:

- a) valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de $1,1 \text{ m.s}^{-2}$;
- b) valor da dose de vibração resultante (VDVR) de $21,0 \text{ m.s}^{-1,75}$.

O Quadro 8 apresenta as considerações técnicas e a atuação recomendada em função dos valores de aren e VDVR encontrados na condição de exposição avaliada conforme a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013).

Quadro 8 - Critério de julgamento e tomada de decisão

Aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)	Consideração técnica	Atuação recomendada
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.

Fonte: FUNDACENTRO (2013).

3.6.1 Vibração ocupacional transmitida ao operador pelos equipamentos

Para verificar se o uso em operação dos equipamentos de preparo de solo acoplados ao trator atenuaram ou amplificaram a magnitude das vibrações incidentes ao operador foi elaborada uma adaptação de métodos como: SEAT% (ISO 2631, 1997) e AETA% (COSTA, 2018). A Equação 6 apresenta o método de amplitude da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas acoplados ao trator.

$$ATEA = \frac{VDV_{eq}}{VDV_t} \times 100 \quad (6)$$

onde,

ATEA = Amplitude da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas acoplados ao trator (%);

VDV_{eq} = Valor de dose de vibração nos eixos X, Y ou Z no assento com equipamento acoplado ao trator agrícola (m.s^{-1,75});

VDV_t = Valor de dose de vibração nos eixos X, Y ou Z no assento sem equipamento acoplado ao trator agrícola (m.s^{-1,75}).

3.6.2 Avaliação do nível de eficiência reduzido

É um método elaborado pela norma ISO 2631 (ISO, 1978), consiste em ponderar frequências em banda de 1/3 de oitava e depois comparar os resultados obtidos com curvas resposta que definem o limite de exposição.

Quando os limites são ultrapassados significa que a exposição à vibração pode ser considerada portadora de risco a saúde do operador.

A aceleração eficaz ponderada será obtida através do uso de frequências em banda de 1/3 de oitava que receberão uma ponderação (Tabela 7) conforme o estabelecido na norma ISO 2631(1978).

Tabela 7 - Fatores de ponderação relativos à banda de frequência de sensibilidade de aceleração máxima para as curvas de respostas

Frequência (Hz)	Fator de ponderação	
	Vibrações Longitudinais	Vibrações Transversais
	(eixo Z)	(eixos X e Y)
1,0	0,50	1,0
1,25	0,56	1,0
2,0	0,71	1,0
4,0	1,00	0,5
8,0	1,00	0,25
16,0	0,50	0,125
31,5	0,25	0,063
40,0	0,20	0,05
63,0	0,125	0,0315
80,0	0,10	0,025

Fonte: Adaptado de ISO 2631 (1978).

Para avaliar o nível de eficiência reduzido foram gerados os mapas de aceleração eficaz ponderada e os mesmos foram sobrepostos das curvas de resposta (Tabela 8), onde valores obtidos que ultrapassem as curvas de respostas indicam que foi atingido o nível de eficiência reduzido.

Tabela 8 - Valores de nível de eficiência reduzido para uma jornada de 8h nos eixos X, Y e Z

Frequência (centro da banda de 1/3 de oitava)	Aceleração (m/s^2)	
	Vibrações Longitudinais	Vibrações Transversais
	(eixo Z) 8 h	(eixos X e Y) 8 h
1,0	0,63	0,224
1,25	0,56	0,224
2,0	0,45	0,224

Fonte: Adaptado de ISO 2631 (1978).

Continuação... Tabela 8 - Valores de nível de eficiência reduzido para uma jornada de 8h nos eixos X, Y e Z

Frequência (centro da banda de 1/3 de oitava)	Aceleração (m/s ²)	
	Vibrações Longitudinais	Vibrações Transversais
	(eixo Z) 8 h	(eixos X e Y) 8 h
4,0	0,315	0,450
8,0	0,315	0,900
16,0	0,63	1,80
31,5	1,25	3,55
40,0	1,60	4,50
50,0	2,0	5,60
63,0	2,5	7,10
80,0	3,15	9,00

Fonte: Adaptado de ISO 2631 (1978).

3.7 Delineamento experimental e tratamentos

Para todas as operações realizadas o delineamento experimental escolhido foi o inteiramente casualizado. Foram comparados os cinco conjuntos mecanizados (trator-arado de disco, trator-arado de aiveca, trator-grade off-set, trator-enxada rotativa, trator-escarificador) e o trator sem equipamento acoplado, em duas velocidades de deslocamento do trator (3,5 km.h⁻¹ e 6,1 km.h⁻¹). O Quadro 9 apresenta os tratamentos que foram realizados.

Quadro 9 – Tratamentos realizados

T1 - Trator sem equipamento acoplado/V1	T7 - Trator sem equipamento acoplado/V2
T2 - Conj. trator-arado de disco/V1	T8- Conj. trator-arado de disco/V2
T3 - Conj. trator-arado de aivecas/V1	T9 - Conj. trator-arado de aivecas/V2
T4 - Conj. trator-grade de disco/V1	T10 - Conj. trator-grade de disco/V2
T5 - Conj. trator-enxada rotativa/V1	T11 - Conj. trator-enxada rotativa/V2
T6 - Conj. Trator-escarificador/V1	T12 - Conj. Trator-escarificador/V2

Fonte: Elaborado pela Autora (2019).

Para determinar o número mínimo de amostras necessários na amostragem a 5% de significância foi utilizada a metodologia de curvas características operacionais, onde os valores de média e desvio padrão foram obtidos através dos dados de Langer *et al.* (2015), encontrando um valor “d” de 1,38, então foi obtido um número mínimo de 6 amostras, porém a norma NBR ISO 5008:2015 (ABNT, 2015) preconiza que para ensaios de vibração de corpo inteiro com tratores agrícolas devem ser coletadas pelo menos 10 amostras em cada repetição dos tratamentos.

O equipamento utilizado coleta dados a cada 1 s, para cada repetição realizada foram feitas medições de 3 minutos conforme a norma EN1032 que preconiza leituras mínimas de 180 s, totalizando 180 amostras para cada repetição. Foram realizadas 5 repetições para cada tratamento.

3.8 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos pelo medidor de vibração foram processados pelo software Noise Studio[®] 6.95. Para avaliação estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Para verificar a normalidade dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste Anderson-Darling. Foi possível verificar que todas as variáveis avaliadas apresentaram uma distribuição normal pelo teste de Anderson-Darling ao nível de 5% de significância.

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.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo estão apresentados os resultados obtidos e sua respectiva discussão para cada parâmetro avaliado.

4.1 Valor SEAT%

Quando se atinge um valor SEAT% de 100%, quer dizer que não há atenuação ou amplificação das vibrações, se o valor obtido é maior que 100%, significa que está ocorrendo amplificação da vibração, caso seja menor que 100% indica que o assento atenuou parte das vibrações incidentes ao operador.

Os resultados de valor SEAT% obtidos estão dispostos na Tabela 9 e mostram que o assento utilizado, proporciona atenuação nas vibrações transmitidas pelo piso da plataforma de operação para o eixo X de 21%, para o eixo Y de 27% e para o eixo Z de 20%.

Tabela 9 - Valor SEAT% para os eixos X, Y e Z

Eixo X (%)	Eixo Y (%)	Eixo Z (%)
79	73	80

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Os valores SEAT% encontrados são muito bons, pois proporcionaram pelo menos 20% de atenuação para os três eixos, o que é pouco comum para assentos simples, para Ruitao *et al.* (2018) assentos simples sem suspensão ou com suspensão rígida simples, tendem a proporcionar pouca ou nenhuma absorção de choques mecânicos e muitas vezes podem até amplificar as vibrações.

Segundo Cuong, Zhu e Zhu (2013) os problemas originados da exposição do operador a vibrações de corpo inteiro são mais graves em tratores “convencionais” (de menor aporte tecnológico), pois estas máquinas possuem assentos simples e apresentam quase que exclusivamente os pneus como componente elástico entre a superfície de rolamento e o trator, sendo que os mesmos, muitas vezes são incapazes de proporcionar as características de suspensão adequadas para absorver as vibrações ocasionadas durante o deslocamento. Dessa forma, os valores de atenuação obtidos para o assento, indicam que o ajuste da mola do

assento para o peso do operador foi bem adequado e permitiu ao sistema proporcionar uma boa atenuação.

4.2 Aceleração média nos eixos X, Y e Z

A Tabela 10 e 11 e as Figuras 21 e 22 apresentam os valores médios obtidos para a variável aceleração média nos eixos X, Y e Z nas velocidades de deslocamento do trator de 3,5 km.h⁻¹ e 6,1 km.h⁻¹.

Tabela 10 - Valores médios de aceleração média (m.s⁻²) nos eixos X, Y e Z, Testes F e Teste de Normalidade de Anderson-Darling obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de 3,5 km.h⁻¹

Valores Médios obtidos	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Trator (T. Controle)	0,148 c	0,147 c	0,253 c
Conj. trator-arado de aiveca	0,138 c	0,158 c	0,255 c
Conj. trator-arado de disco	0,301 a	0,269 ab	0,535 a
Conj. trator-escarificador	0,156 c	0,158 c	0,282 bc
Conj. trator-grade off-set	0,229 b	0,299 a	0,324 b
Conj. trator-enxada rotativa	0,219 b	0,238 b	0,289 bc
Teste F	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	26,2 **	49,6125 **	60,3025 **
F-crit.	3,8951	3,8951	3,8951
CV (%)	13,85	9,87	9,52
DMS	0,054	0,041	0,060
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Valor obtido	0,63756	0,38133	0,40556
V crit.	0,71186	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

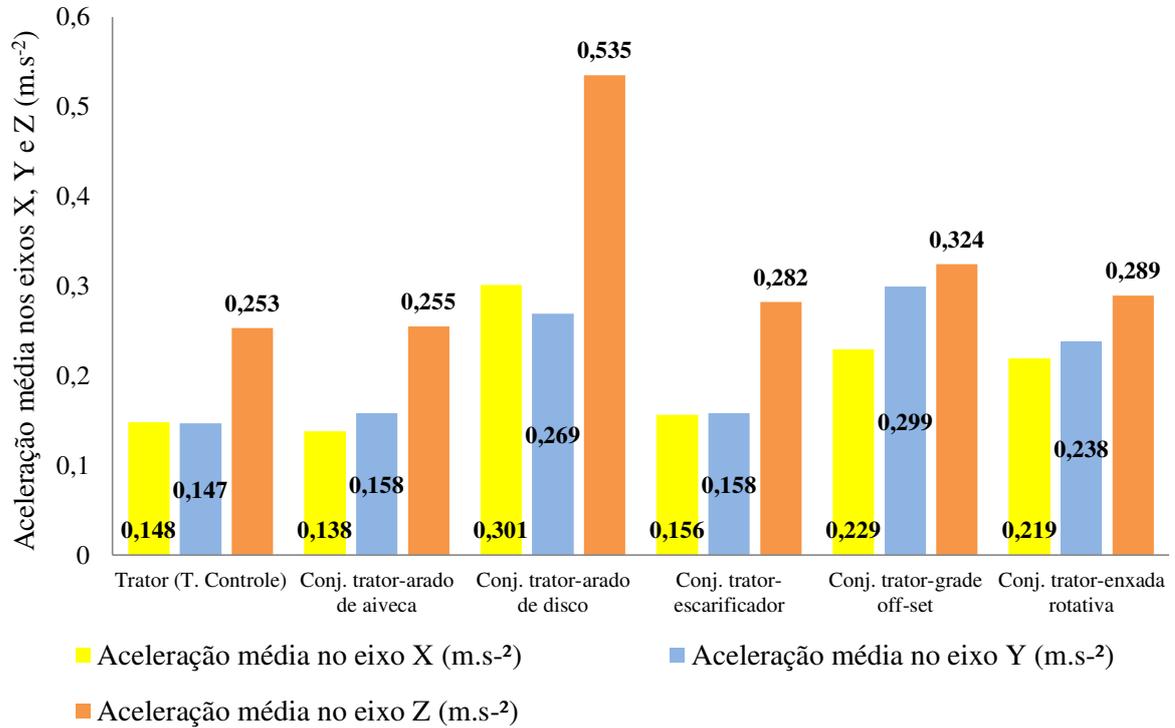
Tabela 11 - Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z, Testes F e Teste de Normalidade de Anderson-Darling obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$

Valores Médios obtidos	Aceleração média no eixo X ($m.s^{-2}$)	Aceleração média no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Aceleração média no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Trator (T. Controle)	0,238 b	0,276 b	0,411 b
Conj. trator-arado de aiveca	0,245 b	0,284 b	0,430 b
Conj. trator-arado de disco	0,409 a	0,365 a	0,571 a
Conj. trator-escarificador	0,382 a	0,342 ab	0,430 b
Conj. trator-grade off-set	0,384 a	0,361 a	0,556 a
Conj. trator-enxada rotativa	0,368 a	0,364 a	0,446 b
Teste F	Aceleração média no eixo X ($m.s^{-2}$)	Aceleração média no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Aceleração média no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Tratamentos (F)	22,6022 **	7,3352 **	11,3728 **
F-crit.	3,8951	3,8951	3,8951
CV (%)	10,58	10,27	9,84
DMS	0,069	0,067	0,091
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	Aceleração média no eixo X ($m.s^{-2}$)	Aceleração média no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Aceleração média no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Valor obtido	0,71007	0,69022	0,48521
V crit.	0,71186	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

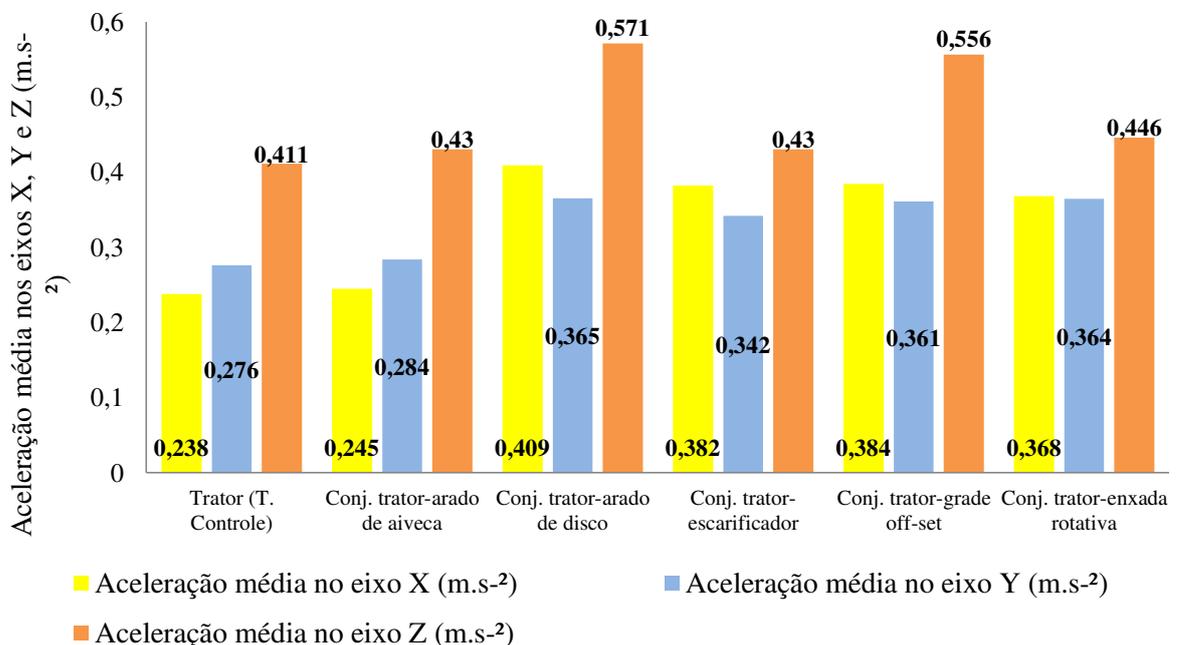
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 21 - Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 22 - Valores médios de aceleração média ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

É possível visualizar analisando as Tabelas 10 e 11, que de acordo com os resultados do teste F, para os três eixos ortogonais X, Y e Z, nas velocidades de deslocamento do trator avaliadas, existem diferenças significativas entre os conjuntos mecanizados utilizados a 1% de significância.

De acordo com Fernandes (2000) a avaliação da aceleração média indica o poder destrutivo da vibração incidente ao operador, sendo então um parâmetro de avaliação importante, pois a mesma apresenta a média da energia contida no movimento vibratório.

Todos os conjuntos mecanizados receberam a mesma adequação, foram regulados e trabalharam a mesma profundidade de 150 mm. Acredita-se que essas diferenças entre os conjuntos avaliados se deem principalmente em função de características construtivas dos equipamentos.

Analisando as Tabelas 10 e 11 podemos verificar que o conjunto trator-arado de aivecas foi o que apresentou menores valores de aceleração média nos três eixos ortogonais X, Y e Z, sendo que o conjunto trator-arado de disco foi o que apresentou maiores valores.

O arado de discos utilizado é reversível e, portanto, sua roda-guia não é lateralizada e sim centralizada, atuando basicamente como um limitador de profundidade, acredita-se que a falta de uma roda-guia lateralizada para absorver esforços laterais pode ter proporcionado aumento desses esforços e com isso aumento nas vibrações principalmente no eixo Y.

É possível observar que com o aumento da velocidade de deslocamento do trator ocorreu o aumento das acelerações médias para os três eixos ortogonais X, Y e Z, em todos os conjuntos mecanizados.

Cuong, Zhu e Zhu (2013) avaliando os efeitos da pressão interna de ar nos pneus e da velocidade de deslocamento do trator nas vibrações de corpo inteiro obtiveram resposta semelhante, os autores sugerem que os valores de aceleração média (RMS) sempre aumentam proporcionalmente à medida que a velocidade de avanço do trator aumenta.

Pinho *et al.* (2014) afirmam que além do tipo de equipamento agrícola, as características desuniformes do solo agrícola também influenciam nas magnitudes de vibração, principalmente no eixo Z.

De acordo com Santos (2002), que realizou estudos sobre vibrações em diferentes superfícies de deslocamento e condições operacionais, verificou que sempre a vibração no eixo vertical Z era a mais significativa.

Os dados obtidos no presente trabalho corroboram com os autores, pois maiores valores de aceleração média para todos os tratamentos foram obtidos no eixo Z (vibrações

incidentes no sentido vertical). Para Ribas (2012) é o perfil desuniforme da superfície do solo agrícola que é o principal responsável pelo aumento das vibrações incidentes ao operador no eixo Z.

Dessa forma, é importante lembrar de durante o preparo inicial do solo realizar um nivelamento adequado na área, para reduzir essas desuniformidades da superfície do solo agrícola e com isso, possivelmente reduzir as vibrações, além de facilitar e otimizar o uso de equipamentos agrícolas na área.

Mehta *et al.* (2000) avaliando a vibração ocupacional em tratores em superfícies diferentes (solo preparado com aração e gradagem, estradas, solo “não preparado”) também obtiveram os maiores valores em todos os tratamentos no eixo Z, obtendo maiores valores no solo “não preparado”, sendo que as intensidades de vibração mais elevadas sempre foram encontradas nos tratamentos com maiores velocidades, os autores consideram que além das desuniformidades no terreno, outro fator é preponderante independente da superfície de rolamento do trator é a velocidade, pois essa apresenta aumentos significativos para os três eixos ortogonais.

Ainda segundo Mehta *et al.* (2000), quando ocorre aumento da velocidade de deslocamento, os níveis de vibrações aumentam, principalmente, em função da resposta do motor, transmissão e de outros componentes da máquina ao aumento da velocidade de deslocamento e não em função apenas das irregularidades na superfície de rolamento.

Dessa forma, a velocidade de deslocamento do trator pode ser considerada um fator preponderante para ao aumento das acelerações médias nos três eixos ortogonais X, Y e Z.

Barceló *et al.* (2004) afirma que o aumento da velocidade de deslocamento do trator, associado ao atrito do equipamento com o solo, pode proporcionar o aumento da vibração, ou seja, em operações de preparo do solo, em solos arenosos pode-se obter valores de vibração maiores do que em solos argilosos, que apresentam menor atrito do equipamento com o solo.

O solo da área utilizada é um Argissolo Vermelho-amarelo de classe textural franco arenosa, com aproximadamente 82,90% de areia, o que indica que existe um maior atrito entre o solo e os equipamentos agrícolas, sendo este então um possível fator que pode ter intensificado as vibrações para todos os conjuntos.

A regulagem dos equipamentos é um fator que pode afetar as vibrações, principalmente no eixo Y, por exemplo, quando não é realizada a centralização do

equipamento, o mesmo pode receber maiores esforços laterais resistentes ao seu deslocamento que podem vir a aumentar a vibração. O não travamento das barras estabilizadoras

Sandi *et al.* (2018) consideram que menores velocidades proporcionem menor energia inercial e maior estabilidade ao trator durante seu deslocamento, permitindo maior adaptação dos pneus com o terreno para absorver de forma mais eficiente as imperfeições existentes, diminuindo a energia e intensidade das vibrações que chegam até a operação. Dessa forma, a maior velocidade é determinante para obtenção dos maiores valores de acelerações médias devido à maior energia inercial e movimentação mais rápida do pneu.

O uso de menores velocidades, quando esta ainda for adequada à operação realizada, permite segundo Tewari e Dewangan (2009) a redução da vibração e com isso possibilita um melhor rendimento do operador durante a jornada de trabalho, mais conforto e redução do cansaço do operador.

Segundo a norma ISO 2631 (1997) valores de aceleração média nos eixos X, Y e Z menores que $0,315 \text{ m.s}^{-2}$ apresentam uma condição confortável de trabalho ao operador. Para a velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ todos os conjuntos e o tratamento controle apresentaram valores menores que $0,315 \text{ m.s}^{-2}$, com exceção apenas do conjunto trator grade off-set que obteve para o eixo Z valor superior, obtendo $0,324 \text{ m.s}^{-2}$, atingindo a faixa de situação pouco desconfortável que vai de $0,315 \text{ m.s}^{-2}$ a $0,63 \text{ m.s}^{-2}$.

Para a velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ todos os tratamentos avaliados atingiram em pelo menos um eixo a faixa de situação pouco desconfortável. O que mostra que o aumento da velocidade independente do equipamento utilizado aumenta os níveis de vibrações e por consequência o desconforto do operador ao operar o trator. Embora exista diferença significativa entre os tratamentos o nível de desconforto é o mesmo.

4.3 Pico Máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z

As Tabelas 12 e 13 e as Figuras 23 e 24 apresentam os valores médios de pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z encontrados.

Tabela 12 - Valores de pico máximo de aceleração (m.s^{-2}) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$

Fontes de Variação	Pico máximo de aceleração no eixo X (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Y (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Z (m.s^{-2})
Trator (T. Controle)	0,828 c	0,605 c	1,382 c
Conj. trator-arado de aiveca	0,928 c	0,919 bc	1,408 c
Conj. trator-arado de disco	1,876 a	1,682 a	3,184 a
Conj. trator-escarificador	1,051 bc	0,962 bc	1,498 c
Conj. trator-grade off-set	1,257 bc	0,998 b	2,302 b
Conj. trator-enxada rotativa	1,440 ab	1,054 b	1,978 b
Teste F	Pico máximo de aceleração no eixo X (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Y (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Z (m.s^{-2})
Tratamentos (F)	12,8875 **	16,6339 **	48,1595 **
F-crit.	3,8951	3,8951	3,8951
CV (%)	19,57	18,69	11,56
DMS	0,470	0,379	0,442
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	Pico máximo de aceleração no eixo X (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Y (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Z (m.s^{-2})
Valor obtido	0,56312	0,68608	0,65399
V crit.	0,71186	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 13 - Valores de pico máximo de aceleração (m.s^{-2}) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$

Fontes de Variação	Pico máximo de aceleração no eixo X (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Y (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Z (m.s^{-2})
Trator (T. Controle)	2,148 b	1,112 d	2,431 d
Conj. trator-arado de aiveca	2,412 b	1,819 c	2,932 c
Conj. trator-arado de disco	3,721 a	3,681 a	4,592 a
Conj. trator-escarificador	2,421 b	2,762 b	3,491 b
Conj. trator-grade off-set	2,461 b	3,394 a	4,561 a
Conj. trator-enxada rotativa	3,412 a	2,019 c	4,496 a

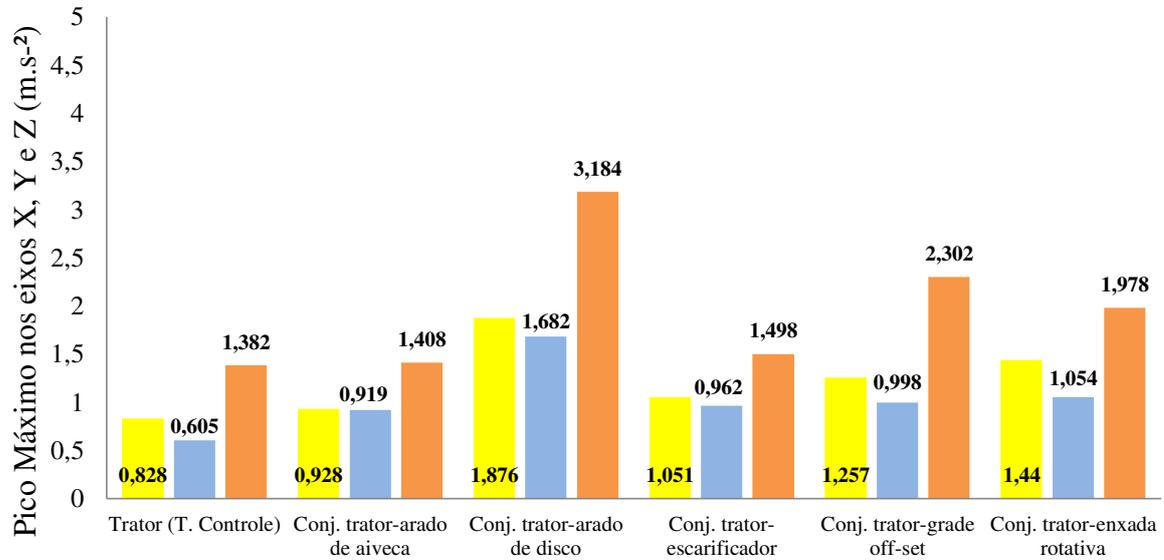
Teste F	Pico máximo de aceleração no eixo X (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Y (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Z (m.s^{-2})
Tratamentos (F)	13,4981 **	53,5577 **	86,3301 **
F-crit.	3,8951	3,8951	3,8951
CV (%)	13,94	12,25	6,05
DMS	0,755	0,589	0,444

Teste de Normalidade de Anderson-Darling	Pico máximo de aceleração no eixo X (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Y (m.s^{-2})	Pico máximo de aceleração no eixo Z (m.s^{-2})
Valor obtido	0,69729	0,68592	0,60950
V crit.	0,71186	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

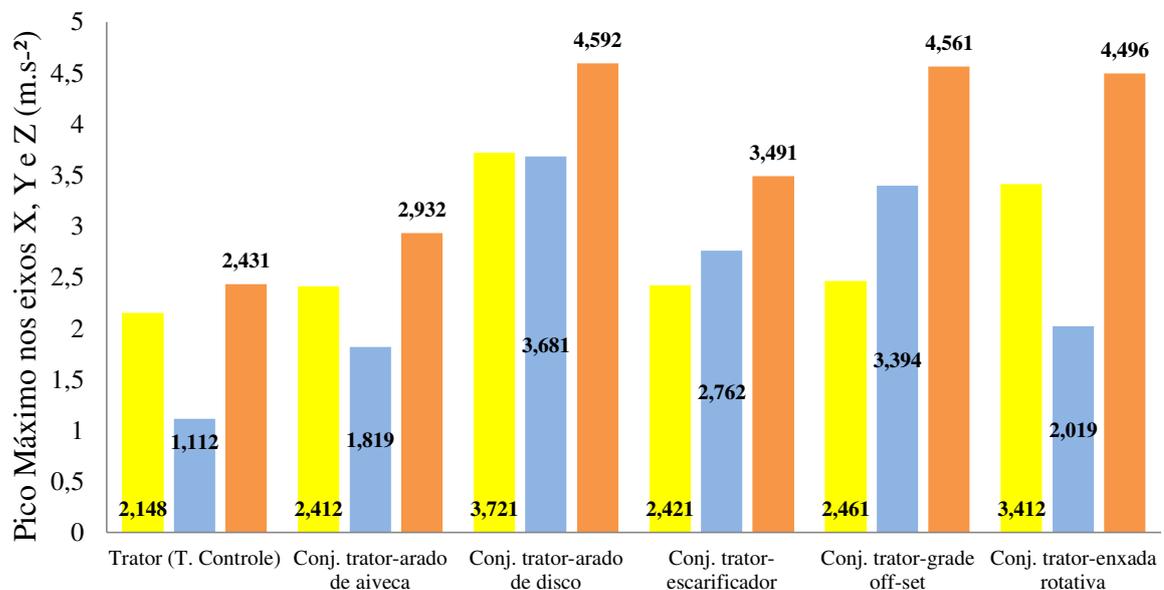
Figura 23 - Valores de pico máximo de aceleração (m.s^{-2}) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$



■ Pico Máximo no eixo X (m.s^{-2}) ■ Pico Máximo no eixo Y (m.s^{-2}) ■ Pico Máximo no eixo Z (m.s^{-2})

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 24 - Valores de pico máximo de aceleração (m.s^{-2}) nos eixos X, Y e Z, obtidos com o trator operando sem equipamentos agrícolas e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$



■ Pico Máximo no eixo X (m.s^{-2}) ■ Pico Máximo no eixo Y (m.s^{-2}) ■ Pico Máximo no eixo Z (m.s^{-2})

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O tratamento controle, onde foi utilizado apenas o trator, apresentou valores de pico inferiores ou estatisticamente iguais para os três eixos ortogonais X, Y e Z, em ambas as velocidades de deslocamento do trator avaliadas.

Para Pinho *et al.* (2014) valores de pico mais altos são encontrados quando se utilizam conjuntos mecanizados de trator-equipamento, pois a junção máquina e equipamento agrícola configura um sistema único que intensifica os esforços do mesmo, podendo gerar aumento da magnitude das vibrações, isso explica os valores de pico mais baixos obtidos para o tratamento em que apenas o trator foi utilizado.

Kumar *et al.* (2001) apontam que ensaios de vibração realizados com equipamentos agrícolas, podem apresentar menores valores, pois determinados equipamentos agrícolas podem atuar como atenuadores da vibração, nenhum dos equipamentos agrícolas utilizados no presente trabalho apresentou características de atenuação, sempre obtendo valores estatisticamente iguais ou superiores ao tratamento em que apenas o trator foi utilizado.

Acredita-se que a maioria equipamentos agrícolas de preparo do solo tenham tendência de intensificar essas vibrações incidentes ao operador devido às forças contrárias ao seu deslocamento (que podem ser intensificadas devido a regulagem incorreta do equipamento agrícola), a impactos ou choques mecânicos que podem ocorrer devido a rugosidade do solo, presença de tocos e pedras e etc.

Solecki (2007) relata em seu trabalho a importância da avaliação dos valores de pico máximo de aceleração, pois através deles é possível verificar a variação nos valores vibração ao longo da operação agrícola, em relação a aceleração média e os pontos máximos atingidos. O autor ainda relata que esses valores de pico elevados ocorrem principalmente em função de choques mecânicos que são propagados até o assento do operador.

Para todos os tratamentos avaliados o eixo Z sempre apresentou valores mais elevados, devido principalmente a ação de impactos, solavancos e choques com a superfície de deslocamento do trator.

O aumento da velocidade também proporcionou aumento dos valores de pico máximo de aceleração nos três eixos ortogonais X, Y e Z.

Para Lopes (2012) uma forma de reduzir os efeitos dos choques mecânicos que são propagados ao assento é através do uso do cinto de segurança, que permite uma melhor fixação do operador ao assento e com isso, reduz a projeção do operador para fora do assento.

Nos tratores agrícolas a grande maioria dos cintos de segurança são de dois pontos, Lopes (2012) considera que se fossem utilizados cintos de 3 ou 4 pontos poderia se obter uma

maior atenuação da vibração incidente ao operador, principalmente a redução de picos máximos, porém sem um estudo ergonômico adequado isso poderia atrapalhar o alcance do operador de vários componentes da plataforma de operação, o que torna essa adaptação difícil.

Ribas *et al.* (2014) trabalhando com um conjunto trator-semeadora obtiveram valores de pico máximo nos eixos X, Y e Z entre 14 a 20 $m.s^{-2}$, bem acima dos encontrados que variaram de 0,6 até 4,5 $m.s^{-2}$. É comum observar na literatura, nos poucos trabalhos que envolvem conjuntos mecanizados, valores de pico máximo de aceleração elevados em conjuntos mecanizados.

Acredita-se que no presente trabalho foram obtidos valores menores de pico, devido as velocidades de deslocamento utilizadas serem mais baixas, a regulagem adequada dos equipamentos, a área de contato do pneu com solo adequada e o operador ter utilizado o cinto de segurança em todos os tratamentos avaliados.

4.4 Fator de Crista

As Tabelas 14 e 15 e as Figuras 25 e 26 apresentam os valores médios de fator de crista obtidos.

Tabela 14 - Valores de fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y e Z obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de 3,5 $km.h^{-1}$

Fontes de Variação	Fator de crista no eixo X ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Trator (T. Controle)	5,616 a	4,116 ab	5,469 a
Conj. trator-arado de aiveca	6,749 a	5,769 a	5,570 a
Conj. trator-arado de disco	6,296 a	6,267 a	5,972 a
Conj. trator-escarificador	6,688 a	6,132 a	5,349 a
Conj. trator-grade off-set	5,425 a	3,404 b	7,292 a
Conj. trator-enxada rotativa	6,601 a	4,455 ab	6,848 a

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Continuação... Tabela 14 - Valores de fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$

Teste F	Fator de crista no eixo X ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Tratamentos (F)	1,6386 ns	5,3438 **	2,6425 *
F-crit.	2,6207	3,8951	2,6207
CV (%)	16,09	22,94	18,20
DMS	1,959	2,253	2,164

Teste de Normalidade de Anderson-Darling	Fator de crista no eixo X ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Valor obtido	0,44496	0,40350	0,27826
V crit.	0,71186	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 15 - Valores de fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$

Fontes de Variação	Fator de crista no eixo X ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Trator (T. Controle)	9,089 a	4,186 e	5,930 c
Conj. trator-arado de aiveca	9,897 a	6,414 cd	5,289 c
Conj. trator-arado de disco	9,245 a	10,102 a	8,076 b
Conj. trator-escarificador	6,363 b	8,078 bc	8,301 b
Conj. trator-grade off-set	6,405 b	9,478 ab	10,605 a
Conj. trator-encxada rotativa	9,309 a	5,546 de	10,142 a

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Continuação...Tabela 15 - Valores de fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 km.h^{-1}$

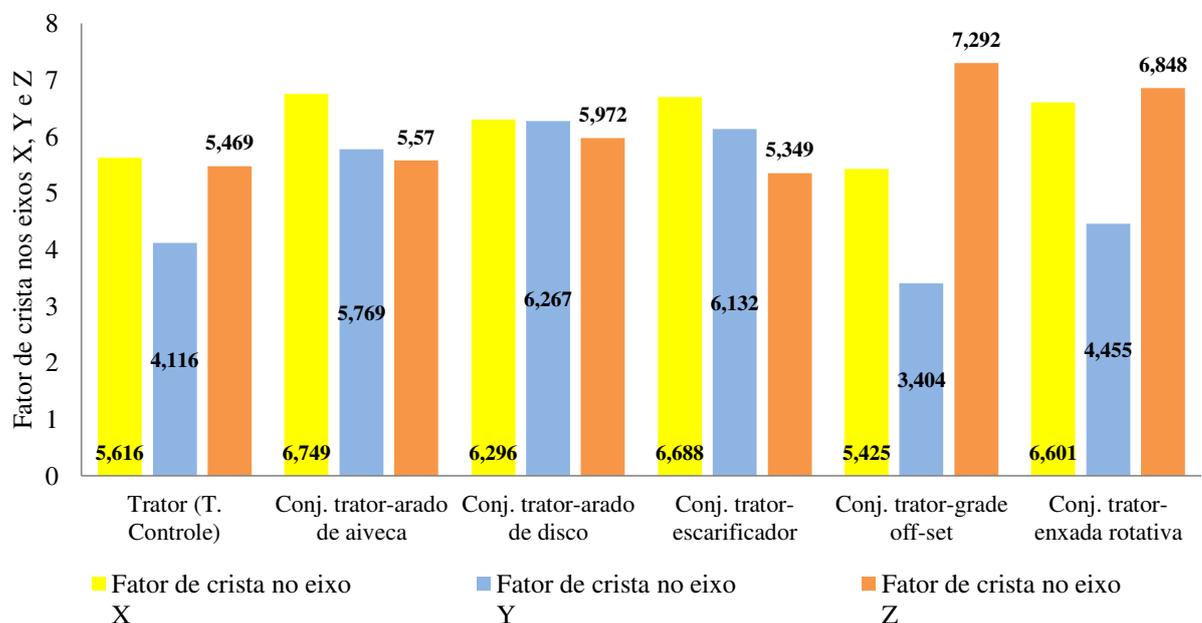
Teste F	Fator de crista no eixo X ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Tratamentos (F)	8,2210 **	29,8589 **	35,5655 **
F-crit.	3,8951	3,8951	3,8951
CV (%)	14,64	12,97	10,00
DMS	2,398	1,851	1,574

Teste de Normalidade de Anderson-Darling	Fator de crista no eixo X ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Y ($m.s^{-2}$)	Fator de crista no eixo Z ($m.s^{-2}$)
Valor obtido	0,63666	0,50798	0,54970
V crit.	0,71186	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

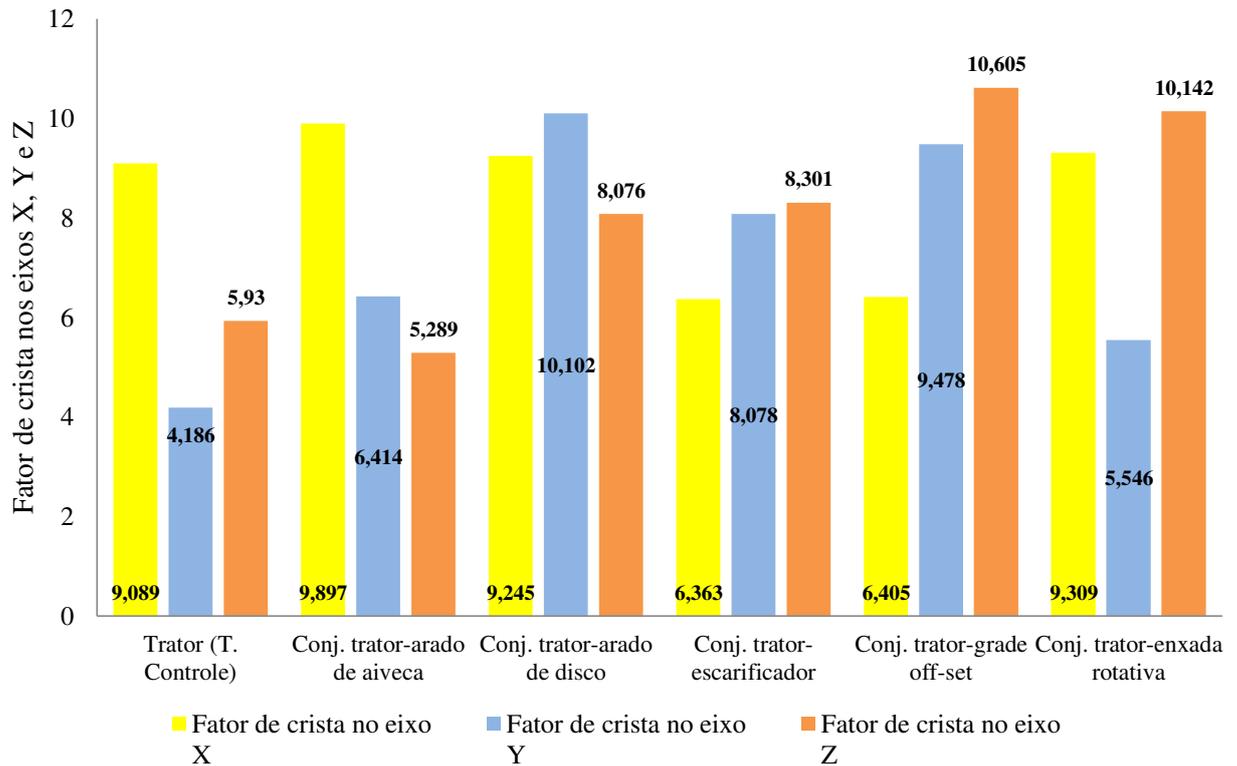
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 25 - Fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 km.h^{-1}$



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 26 - Fator de crista ($m.s^{-2}$) nos eixos X, Y, Z e equivalente, obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

De acordo com Sandi *et al.* (2018) e Silva Filho (2017), a análise dos valores de fator de crista proporciona a possibilidade de verificar a homogeneidade da vibração incidente ao operador no período de estudo realizado. Quando são obtidos valores de fator de crista maiores que nove ($FC > 9$), indica-se a presença de picos que se destacam em relação a aceleração média, que pode ser resultante de fenômenos repetitivos a intervalos regulares.

Para a velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ não houve diferença significativa para os eixos X e Z, havendo diferença significativa apenas para o eixo Y, onde a grade off-set utilizada apresentou menores valores, indicando que a mesma possui valores de pico máximo mais próximos da média. Todos os valores obtidos, para todos os tratamentos, estão abaixo de nove ($Fc < 9$) o que indica que os valores de pico máximo obtidos não se destacam em relação aos valores de aceleração média, mostrando que essas condições são pouco sensíveis a picos destacados.

Ao analisarmos a velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ houve diferença estatística significativa para todos os eixos avaliados X, Y e Z o que mostra que o aumento da velocidade tende a aumentar os valores de aceleração média e os valores de pico máximo,

mas não na mesma proporção, a mesma aumenta a diferença entre eles proporcionando maiores valores de fator de crista.

Outro ponto importante é que temos comportamentos diferentes para cada eixo, então não é possível definir, por exemplo, que equipamento é menos ou mais susceptível a maiores picos máximos, pois para cada eixo há um comportamento, porém esse parâmetro é importante para identificar que eixos estão susceptíveis a picos maiores, para tentar identificar as possíveis causas desses picos em função do eixo em que ocorrem e tentar reduzi-los.

Apenas o conjunto trator-escarificador não apresentou valores de fator de crista acima de nove, em nenhum dos eixos avaliados, para a velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$, o que indica que o mesmo foi o equipamento menos susceptível a picos destacados, já que possui valores de pico mais próximos da média. Os demais equipamentos apresentaram valores de fator de crista maior que 9 em pelo menos um eixo.

Segundo Sandi *et al.* (2018) fator de crista maior que nove, indica a ocorrência de picos de vibração destacados e a necessidade de avaliação da exposição da vibração pelo valor de dose de vibração resultante (VDVR), devido ao método permitir uma melhor avaliação destes picos destacados, pois em alguns países a legislação vigente apenas recomenda que a avaliação da insalubridade seja feita apenas pela aceleração resultante de exposição normalizada (aren) para um período de oito horas e por VDVR apenas quando os valores de fator de crista forem maiores que 9, porém no Brasil de acordo com NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) devem ser avaliados sempre aren e VDVR independentemente do valor de fator de crista obtido.

De acordo com Costa (2018) a ausência de picos destacados pode se dar principalmente por: ausência de um equipamento agrícola acoplado ao trator, uso do cinto de segurança pelo operador, o relevo plano levemente ondulado da área, o fato da área trabalhada ter sido submetida a processos de aração e gradagem antes dos ensaios, em usos anteriores.

4.5 Aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor de dose de vibração resultante (VDVR)

Nas Tabelas 16 e 17 e nas Figuras 27 e 28 são apresentados os valores médios obtidos para Aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor de dose de vibração resultante (VDVR).

Tabela 16 - Valores de aren (m.s^{-2}) e VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$

Fontes de Variação	aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Trator (T. Controle)	0,396 c	7,979 c
Conj. trator-arado de aiveca	0,418 c	8,285 c
Conj. trator-arado de disco	0,794 a	15,158 a
Conj. trator-escarificador	0,434 c	8,481 c
Conj. trator-grade off-set	0,662 b	12,643 b
Conj. trator-enxada rotativa	0,4344 c	9,044 c
Teste F	aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Tratamentos (F)	57,6360 **	60,8141 **
F-crit.	3,8951	3,8951
CV (%)	9,19	8,15
DMS	0,094	1,641
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Valor obtido	0,68246	0,68766
V crit.	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

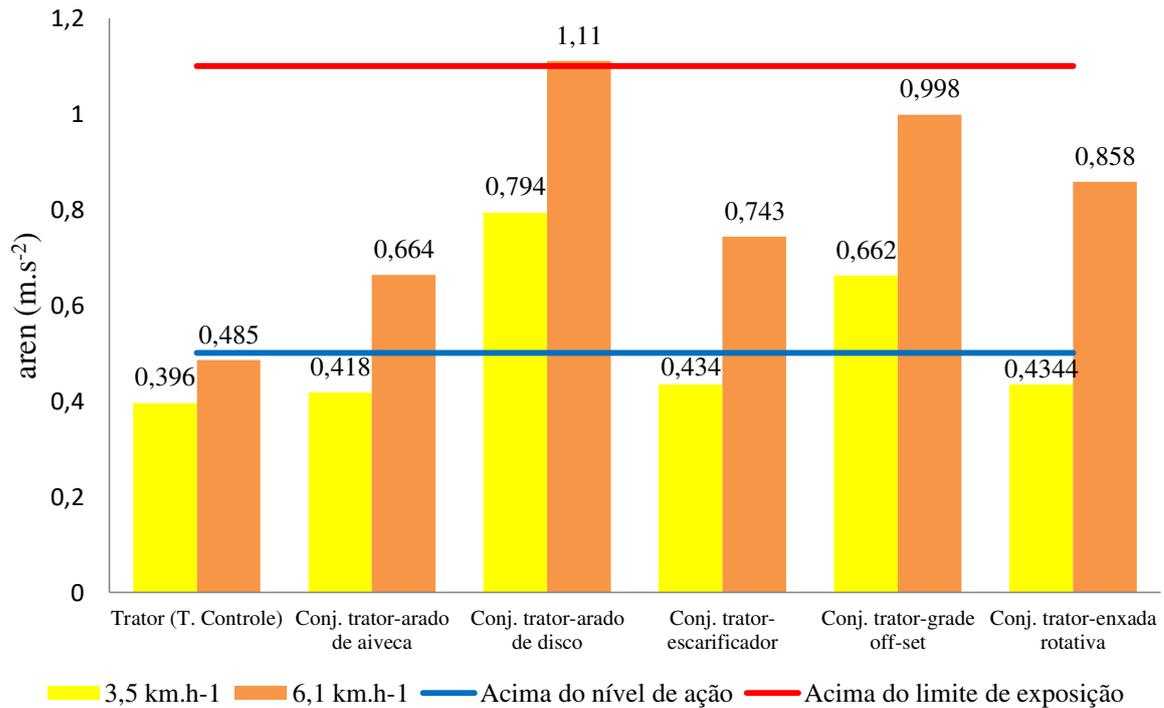
Tabela 17 - Valores de aren (m.s^{-2}) e VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$

Fontes de Variação	aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Trator (T. Controle)	0,485 d	9,042 d
Conj. trator-arado de aiveca	0,664 c	12,676 c
Conj. trator-arado de disco	1,11 a	21,203 a
Conj. trator-escarificador	0,743 bc	14,194 bc
Conj. trator-grade off-set	0,998 a	19,026 a
Conj. trator-enxada rotativa	0,858 b	16,388 b
Teste F	aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Tratamentos (F)	56,4735**	59,1231 **
F-crit.	3,8951	3,8951
CV (%)	9,19	7,51
DMS	0,116	2,225
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	aren (m.s^{-2})	VDVR ($\text{m.s}^{-1,75}$)
Valor obtido	0,42532	0,44544
V crit.	0,71186	0,71186
Normal	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

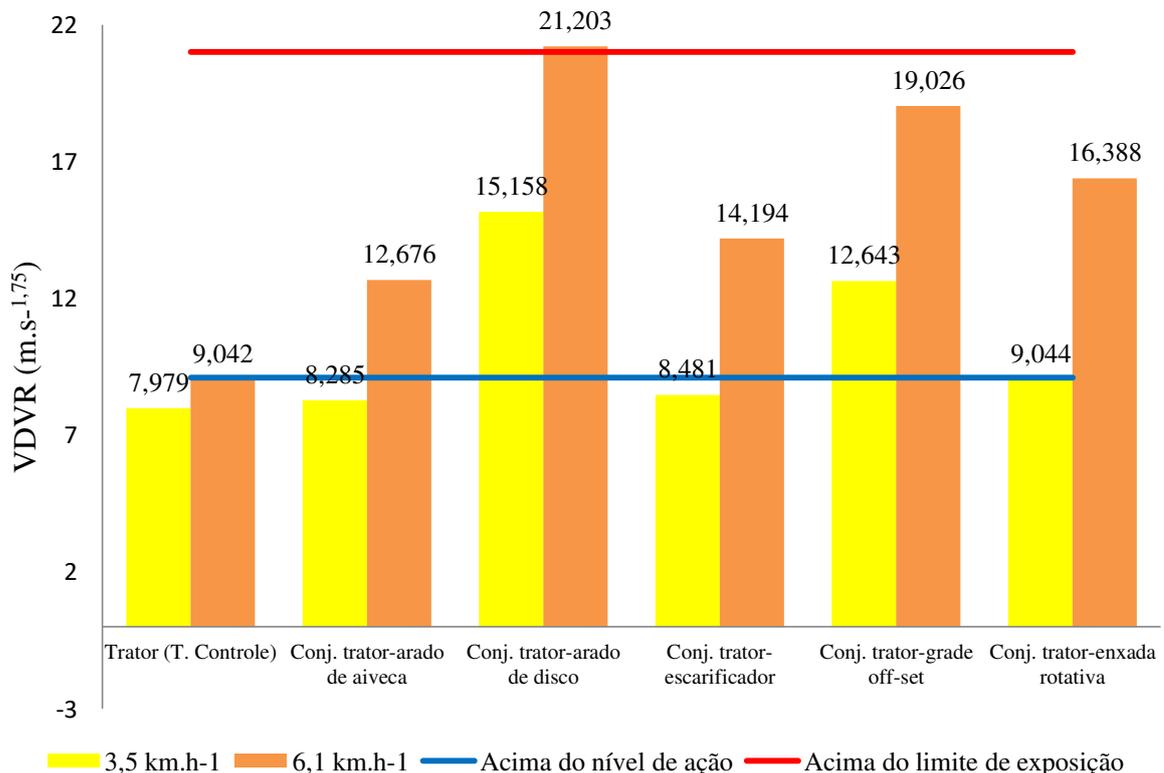
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 27 - Valores de aren (Aceleração resultante de exposição normalizada - $m.s^{-2}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 28 - Valores de VDVR (valor de dose de vibração resultante - $m.s^{-1,75}$) obtidos com o trator operando sem equipamento e com diferentes conjuntos mecanizados



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O VDVR (valor de dose de vibração resultante) representa a exposição cumulativa da exposição à vibração em uma jornada de trabalho resultante dos três eixos ortogonais X, Y e Z, sendo o método mais indicado para avaliação do efeito da exposição a vibração em jornadas maiores que 8 horas por representar de forma mais adequada os solavancos e choques que ocorrem durante a operação (SCARLETT *et al.*, 2007). Sendo que conforme a legislação brasileira, a NR-15 preconiza que para fins de caracterização da condição insalubre de trabalho, deve-se comprovar a avaliação dos dois parâmetros simultaneamente *aren* e VDVR.

Para a velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ podemos observar que o trator sem equipamento acoplado e os conjuntos trator-arado de aivecas, trator-escarificador e trator-enxada rotativa obtiveram valores de *aren* inferiores a $0,5 \text{ m.s}^{-2}$ e valores de VDVR inferiores a $9,0 \text{ m.s}^{-1,75}$, ou seja, se enquadram na condição *aceitável*, então conforme a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013), deve-se no mínimo manter a condição existente.

De acordo com a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) mesmo obtendo valores de *aren* ou VDVR na condição *aceitável*, a adoção de medidas para reduzir os níveis de exposição, se disponíveis ou viáveis, deve ser considerada uma vez que melhora as condições de exposição e minimiza os riscos à saúde.

Os conjuntos trator-arado de disco e trator-grade off-set obtiveram valores de *aren* na faixa entre $> 0,5$ a $< 0,9 \text{ m.s}^{-2}$ e valores de VDVR na faixa entre $> 9,1$ a $< 16,4 \text{ m.s}^{-1,75}$, ou seja, se enquadram na condição *acima do nível de ação*, então conforme a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013), então no mínimo devem ser tomadas medidas preventivas para reduzir a vibração incidente ao operador.

Segundo NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) medidas preventivas são ações que tendem a minimizar a probabilidade de que a exposição do operador à vibração cause prejuízos ao mesmo e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado. As medidas devem incluir o monitoramento periódico da exposição, orientação aos operadores (riscos decorrentes da exposição, cuidados pós-exposição como evitar levantar pesos e evitar movimentos bruscos de torção e flexão) e o controle médico.

No caso de operadores, como medidas preventivas devem ser tomados cuidados como: adotar velocidades que sejam adequadas à operação, mas proporcionem menores níveis de vibração, verificação da correta regulagem dos equipamentos agrícolas e ajustar o assento do trator em relação ao posicionamento e ao peso do operador.

Para a velocidade de deslocamento do trator de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ apenas quando o trator estava sem equipamento acoplado foi atingido a condição *aceitável*. Os conjuntos trator-arado

de aivecas, trator-escarificador e trator-enxada rotativa atingiram a condição de *acima do nível de ação*, sendo necessárias medidas preventivas para reduzir a exposição do operador.

O conjunto trator-grade off-set obteve valores de *aren* na faixa de 0,9 a 1,1 m.s^{-2} e VDVR de 16,4 a 21 $\text{m.s}^{-1,75}$, atingindo a condição de *região de incerteza*.

De acordo com a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) quando se atinge a região de incerteza, devem ser tomadas medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária do operador.

A NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) define como medidas corretivas a redução da jornada de trabalho, alteração da rotina de trabalho (realizar outras funções que não envolvam o trator para reduzir a dose de exposição diária), adoção de assentos antivibratórios, manter a manutenção em dia dos equipamentos (a falta de manutenção adequada pode intensificar as vibrações provenientes da máquina), modificar a calibração dos pneus, uso de sistemas de suspensão (praticamente ausente nos tratores comercializados no Brasil), modificações na plataforma de operação e etc.

Conforme Goglia *et al.* (2003) a principal forma e a mais rápida de minimizar os riscos à saúde provenientes da exposição a vibração ocupacional é reduzir o tempo de exposição redistribuindo o operador para outras funções a qual o mesmo não esteja exposto a vibrações ao longo de sua jornada de trabalho.

Futatsuka *et al.* (1998) também encontraram condições de trabalho insalubres para uma jornada de 8 horas diárias. Os autores sugerem que a melhor forma de reduzir os riscos à saúde do operador é através da criação de novos mecanismos de suspensão nos tratores agrícolas para reduzir a exposição a vibração ocupacional.

Marsili *et al.* (2002), demonstraram que a adoção de sistemas de suspensão em tratores pode permitir um incremento superior a 50% no tempo de exposição do operador sem danos adicionais a sua saúde.

Segundo Lanças *et al.* (2009) apesar das longas jornadas de trabalho 8, 10 em algumas situações até mais de 12 horas de trabalho, somente em algumas condições específicas de operação com tratores agrícolas é possível atingir as oito horas diárias sem ultrapassar os limites de exposição.

Para Tosin (2009) a vibração incidente ao operador está relacionada diretamente com a velocidade de deslocamento do trator, em seu experimento apenas as velocidades de 3,6 km.h^{-1} e 5 km.h^{-1} permitiram uma jornada de 8 horas diárias.

Conforme Balbinot (2001) valores de VDVR maiores que $8,5 \text{ m.s}^{-1,75}$ proporcionam desconforto ao operador, no presente trabalho foram obtidos para a velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ valores superiores pelos conjuntos trator-arado de disco, trator-enxada rotativa e trator-grade off-set, e para a velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ todos os conjuntos apresentaram valores superiores. Ainda segundo o autor valores acima de $15 \text{ m.s}^{-1,75}$ podem causar severo desconforto e aparecimento de dores principalmente na região lombar. Na velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ o conjunto trator-arado de disco atingiu valores maiores e para a velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ o conjunto trator-arado de disco, trator-enxada rotativa e trator-grade off-set ultrapassaram $15 \text{ m.s}^{-1,75}$. Indicando a possibilidade de aparecimento de doenças ocupacionais ao operador.

Para Cunha *et al.* (2012) os problemas com vibrações ocupacionais podem ser atenuados através da redução da intensidade da vibração na sua fonte combinada à redução do tempo de exposição a vibração. Para mitigar essa vibração, primeiro é necessário conhecer a realidade do país, dos equipamentos comercializados no país, para então traçar estratégias para reduzir essas vibrações.

De acordo com Zehsaz *et al.*, (2011) devido a fatores econômicos, tratores sem sistema de suspensão na cabine e no assento possuem maior demanda, então, os fabricantes terminam por decidir disponibilizar tratores básicos sem esses sistemas.

Para Hilbert *et al.* (2004), conforme for necessário aumentar a velocidade de deslocamento do trator, menor deve ser o tempo de exposição diária do operador.

4.6 Vibração ocupacional transmitida ao operador pelos equipamentos (ATEA %)

Existem diversas formas de se avaliar as vibrações incidentes ao operador pelo trator agrícola, porém muitas metodologias avaliam apenas o trator, como por exemplo, a norma NBR ISO 5008 (ABNT, 2015) para realização de ensaios com o trator em uma pista de vibração padronizada, porém a mesma não permite a possibilidade de avaliar os equipamentos acoplados ao trator, sendo avaliado apenas o trator, a mesma norma apresenta o em seu anexo A, as disposições para ensaios de campo onde pode ser acoplado ao trator equipamentos, porém, essa norma e outras relacionadas a avaliação da vibração ocupacional não dispõe de meios para avaliar quanto de vibração que é transmitida para operador pelo equipamento acoplado.

Partindo desse pressuposto buscou-se no presente trabalho desenvolver uma metodologia que contemplasse a vibração proveniente apenas do equipamento acoplado. Então foi desenvolvido o ATEA%.

As Tabelas 18 e 19 e as Figuras 28 e 29 apresentam o teste F e os valores médios de ATEA% para os conjuntos mecanizados avaliados nos eixos X, Y e Z.

Tabela 18 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com os diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de 3,5 km.h⁻¹

Fontes de Variação	ATEA (%) eixo X	ATEA (%) eixo Y	ATEA (%) eixo Z
Conj. trator-arado de aiveca	127,5 b	132, 1 a	116,3 b
Conj. trator-arado de disco	217,8 a	152,9 a	195,4 a
Conj. trator-escarificador	127,6 b	133,9 a	125,8 b
Conj. trator-grade off-set	149,5 ab	139,1 a	117,1 b
Conj. trator-enchada rotativa	135,5 b	141,4 a	121,6 b
Fontes de Variação	ATEA (%) eixo X	ATEA (%) eixo Y	ATEA (%) eixo Z
Tratamentos (F)	3,9611 *	0,5157 ns	86,9966 **
F-crit.	2,8861	0,117	4,4307
CV (%)	28,23	18,28	6,00
DMS	81,2	48,48	15,38
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	ATEA (%) eixo X	ATEA (%) eixo Y	ATEA (%) eixo Z
Valor obtido	0,51114	0,45317	0,33770
V crit.	0,70268	0,70268	0,70268
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

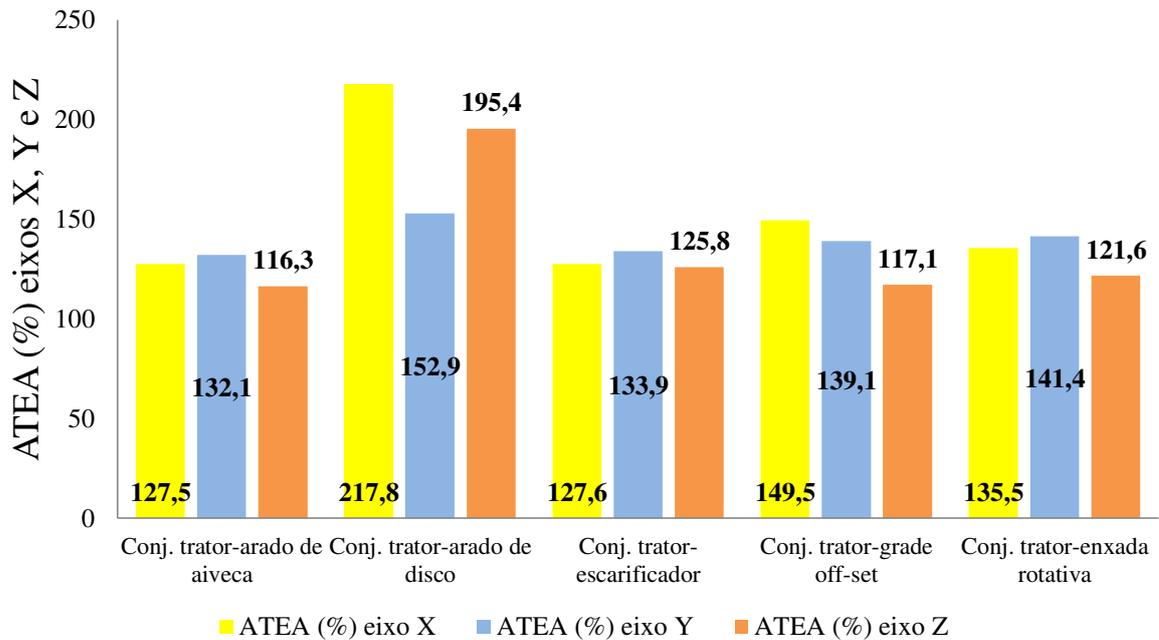
Tabela 19 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de 6,1 km.h⁻¹

Fontes de Variação	ATEA (%) eixo X	ATEA (%) eixo Y	ATEA (%) eixo Z
Conj. trator-arado de aiveca	144,9 bc	133,9 a	134,9 b
Conj. trator-arado de disco	263,9 a	189,9 a	242,44 a
Conj. trator-escarificador	143,3 c	153,6 a	156,9 b
Conj. trator-grade off-set	181,8 b	143,7 a	145,25 b
Conj. trator-enxada rotativa	159,2 bc	145,8 a	142,73 b
Fontes de Variação	ATEA (%) eixo X	ATEA (%) eixo Y	ATEA (%) eixo Z
Tratamentos (F)	30,8413 **	2,1561 ns	7,7212 **
F-crit.	4,4307	2,8861	4,4307
CV (%)	11,30	21,44	21,67
DMS	38,3	62,35	67,59
Teste de Normalidade de Anderson-Darling	ATEA (%) eixo X	ATEA (%) eixo Y	ATEA (%) eixo Z
Valor obtido	0,55910	0,61610	0,70056
V crit.	0,70268	0,70268	0,70268
Normal	Sim	Sim	Sim

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: coeficiente de variação.

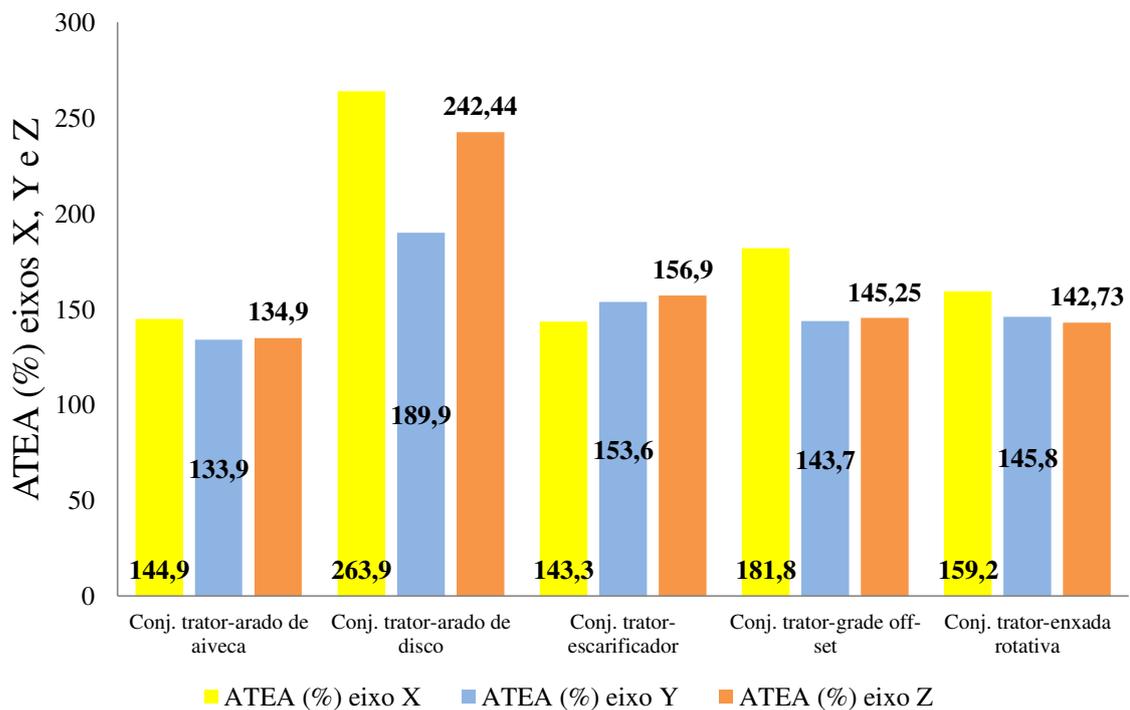
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 28 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 29 - Valores de ATEA (%) nos eixos X, Y, Z obtidos com diferentes conjuntos mecanizados com velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Scarlet, Price e Stayner (2007) avaliando as vibrações ocupacionais de corpo inteiro em conjuntos mecanizados, sugerem que a intensidade da vibração está diretamente ligada à operação que está sendo realizada e ao equipamento agrícola acoplado ao trator que a está realizando.

Por isso, é de grande importância um método que possa avaliar o equipamento agrícola em separado, para identificar qual a sua contribuição para o sistema, se o mesmo amplificou ou atenuou as vibrações incidentes ao operador.

Dessa forma, podemos considerar que para um mesmo trator, podem ser obtidos diferentes valores de vibração de acordo com o equipamento agrícola e a condição de uso (deslocamento em marcha lenta, deslocamento em operação, transporte e etc.) do mesmo, ou seja, um equipamento pode causar atenuação ou amplificação das vibrações incidentes ao operador.

Goglia *et al.* (2006) consideram que para um mesmo trator, acoplado ao mesmo equipamento, ao apenas mudar a condição de uso do equipamento pode haver alteração significativa das vibrações.

Por exemplo, a condição de transporte tende a intensificar bastante as vibrações para equipamentos montados devido a maior movimentação do equipamento quando suspenso pelo sistema de levante hidráulico, principalmente no eixo Y.

Todos os conjuntos mecanizados avaliados apresentaram amplificação para os três eixos X, Y e Z. É possível observar analisando as Tabelas 18 e 19 que conforme aumenta-se a velocidade de deslocamento do trator maiores são os níveis de amplificação obtidos.

O conjunto trator-arado de aiveca para a velocidade de deslocamento do trator de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$, obteve 27,5% de amplificação para o eixo X, 32,1% para o eixo Y e 16,3% para o eixo Z. Foi o conjunto que apresentou menor amplificação entre os avaliados para os três eixos ortogonais X, Y e Z em ambas as velocidades de deslocamento do trator utilizadas. O eixo Y foi o eixo onde praticamente não teve acréscimo nas vibrações com o aumento da velocidade de deslocamento.

Scarlet, Price e Stayner (2007) avaliando as vibrações incidentes ao operador em conjuntos mecanizados (pulverizador, arado de aivecas e cultivador), mostram em seus resultados que os equipamentos de preparo do solo tendem a intensificar o nível das vibrações, tendo o arado de aivecas e o cultivador obtido valores maiores que o pulverizador.

O conjunto trator-arado de disco apresentou amplificação da vibração incidente para os três eixos ortogonais X, Y e Z. Obtendo para a velocidade de deslocamento do trator de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ para o eixo X 117,8% de amplificação, 52,9% para o eixo Y e 95,4% para o eixo

Z. Sendo esses os maiores valores obtidos. Com o aumento da velocidade para $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ obteve-se uma amplificação ainda maior, bem mais elevada que os demais equipamentos.

Para a velocidade de deslocamento do trator de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ todos os conjuntos mecanizados avaliados, com exceção do arado de disco, apresentaram amplificação estatisticamente igual para os três eixos ortogonais X, Y e Z. Os conjuntos avaliados apresentam amplificação semelhante, maiores valores para o eixo Z e valores mais próximos nos eixos X e Y.

Para a velocidade de deslocamento do trator de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ podemos visualizar que para o eixo Y não houve diferença entre os tratamentos avaliados, havendo diferença apenas nos eixos X e Z. O conjunto arado de disco foi o que apresentou maiores níveis de amplificação.

Acredita-se que o ATEA% seja o método adequado para estimar o quanto de amplificação ou atenuação que o equipamento agrícola acoplado ao trator proporciona as vibrações incidentes ao operador.

4.7 Mapas de aceleração eficaz ponderada (MAEP)

No MAEP é possível ver os níveis de vibração atingidos distribuídos por frequência em bandas de 1/3 de oitava (Hz) (FRANCHINI, 2007). É utilizado para demonstrar as intensidades das acelerações para cada faixa de frequência.

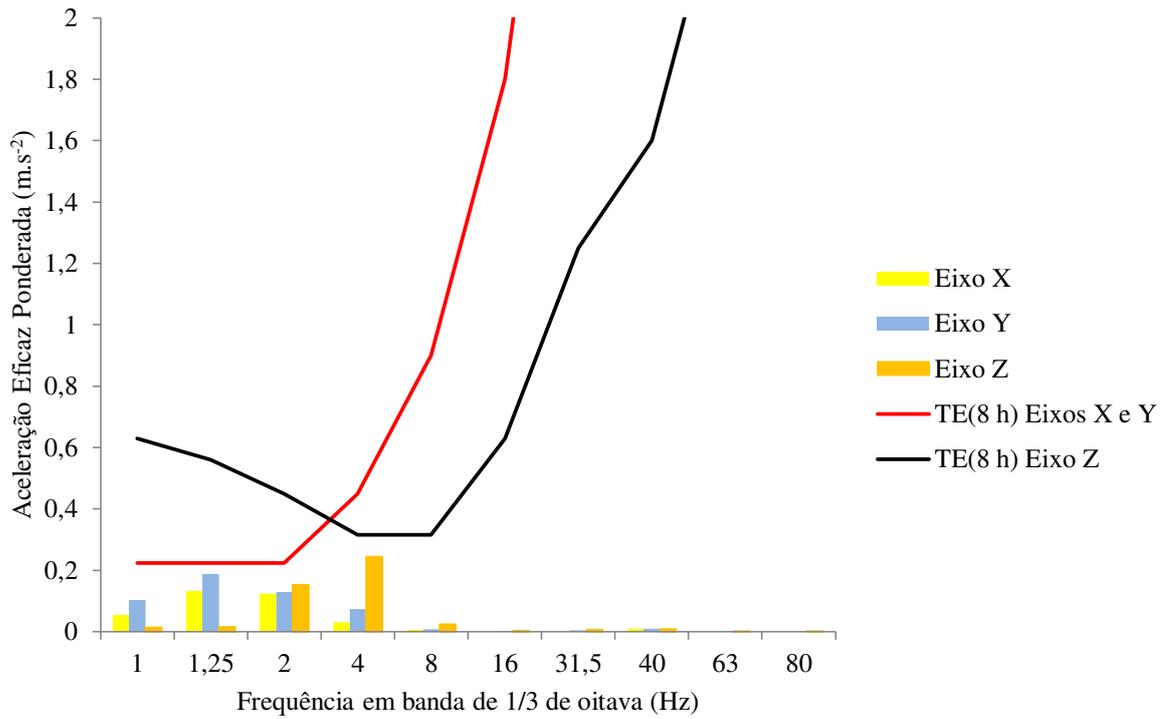
De acordo com Kroemer e Grandjean (2005) os efeitos psicofisiológicos da exposição a vibração de corpo inteiro são os mais diversos, afetam a coluna, percepção visual, a musculatura, o desempenho psicomotor, os sistemas circulatório, respiratório e nervoso.

O que define quais os possíveis problemas de saúde que o operador pode desenvolver é a faixa de frequência em que ocorre essa vibração e se esse risco é mais grave ou mais ameno são as intensidades das acelerações em cada faixa.

De acordo com Sandi *et al.* (2018) as vibrações mecânicas provenientes do funcionamento da máquina e pela rugosidade do terreno são problemáticas pois são bastante semelhantes as frequências de ressonância de algumas partes do corpo humano, por exemplo, a região do tronco vibra a uma frequência de 4 a 8 Hz e se aproxima à frequência da vibração do trator que tem suas maiores intensidades de aceleração nas faixas de 1 a 8 Hz.

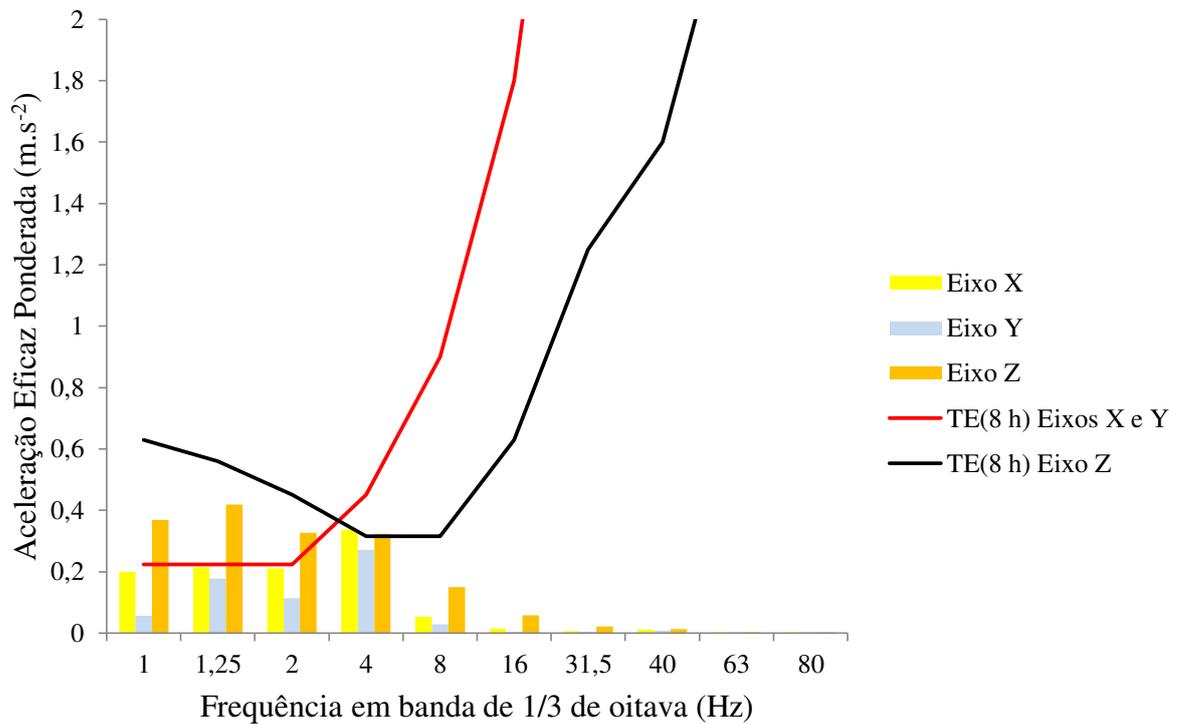
As Figuras 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41 apresentam os mapas de aceleração eficaz ponderada para os três eixos X, Y e Z.

Figura 30 - MAEP do trator sem equipamento agrícola acoplado na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



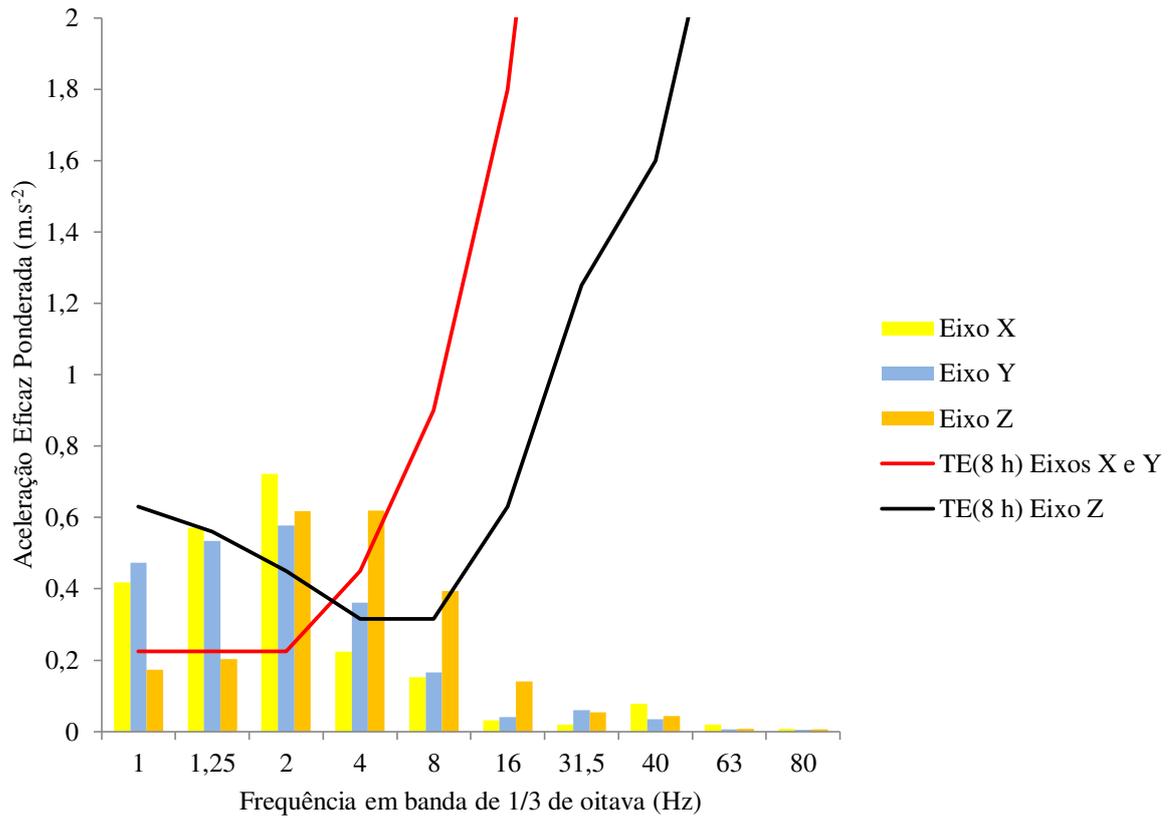
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 31 - MAEP do trator sem equipamento agrícola acoplado na velocidade de 6,1 km.h⁻¹



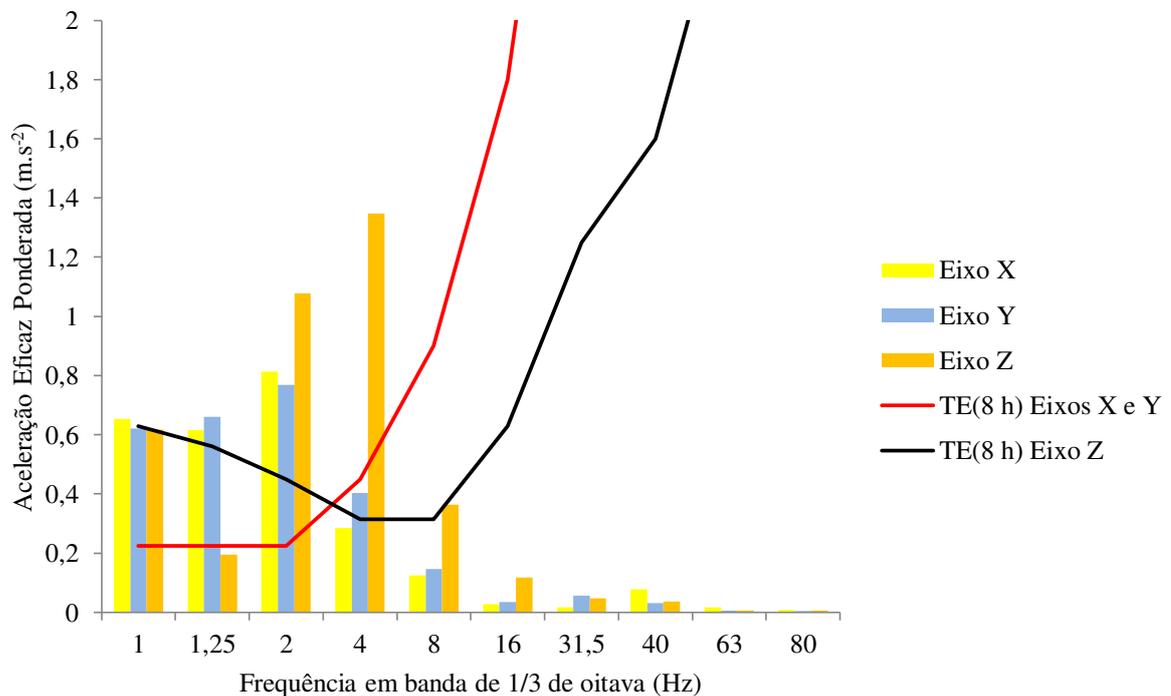
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 32 - MAEP do conjunto trator-arado de aiveca na velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$



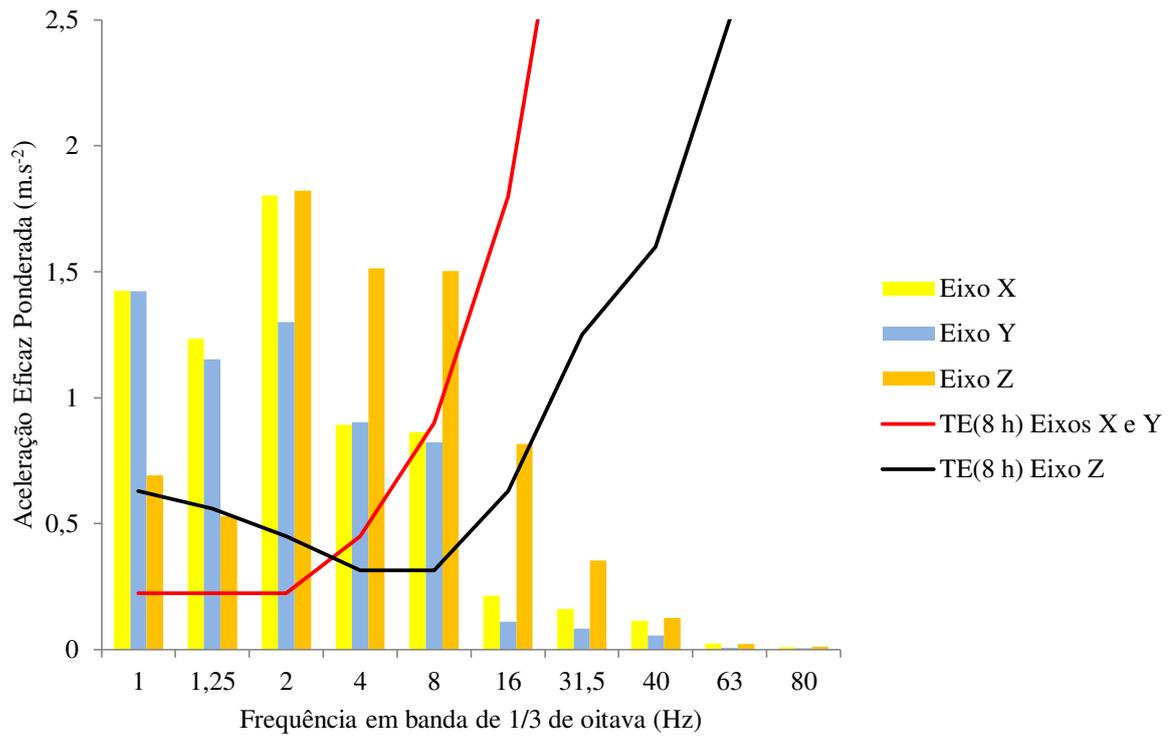
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 33 - MAEP do conjunto trator-arado de aiveca na velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$



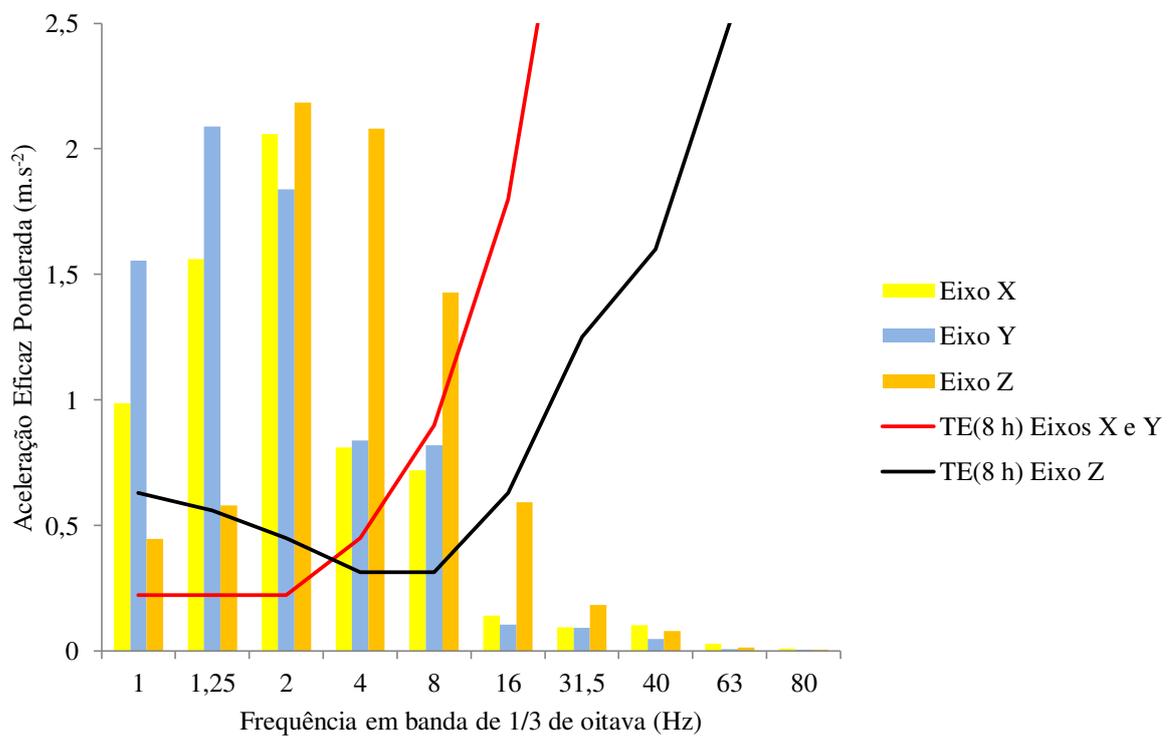
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 34 - MAEP do conjunto trator-arado de disco na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



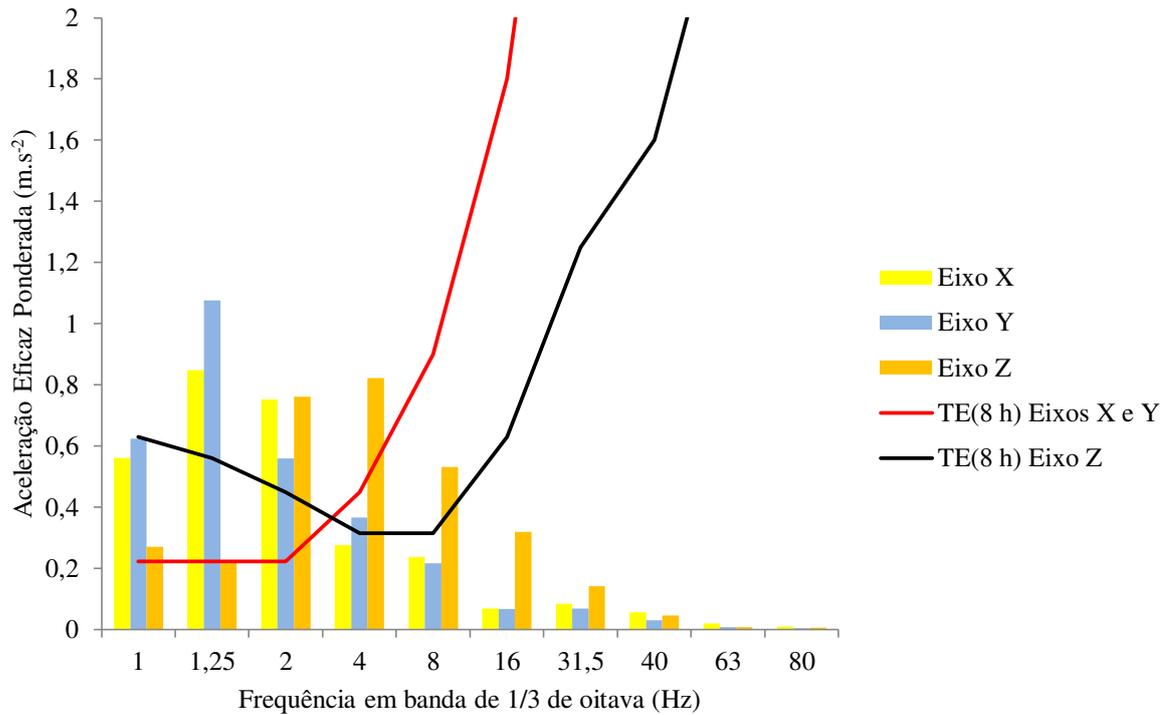
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 35 - MAEP do conjunto trator-arado de disco na velocidade de 6,1 km.h⁻¹



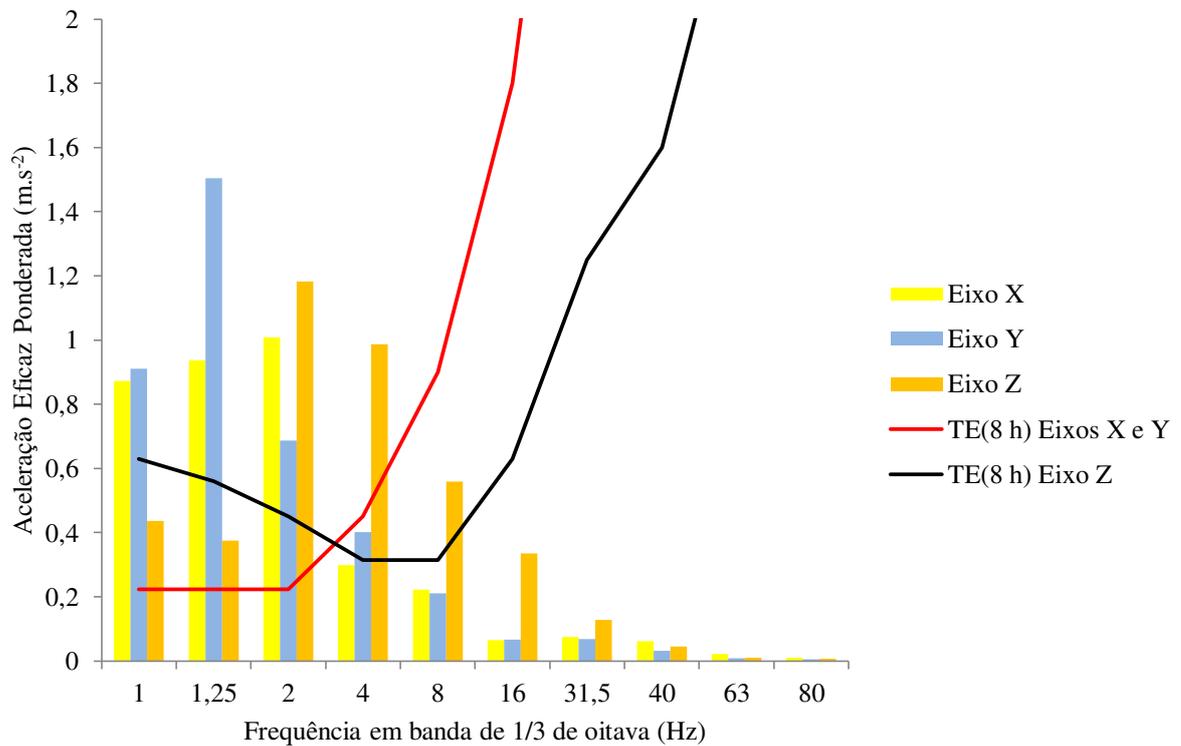
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 36 - MAEP do conjunto trator-grade off-set na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



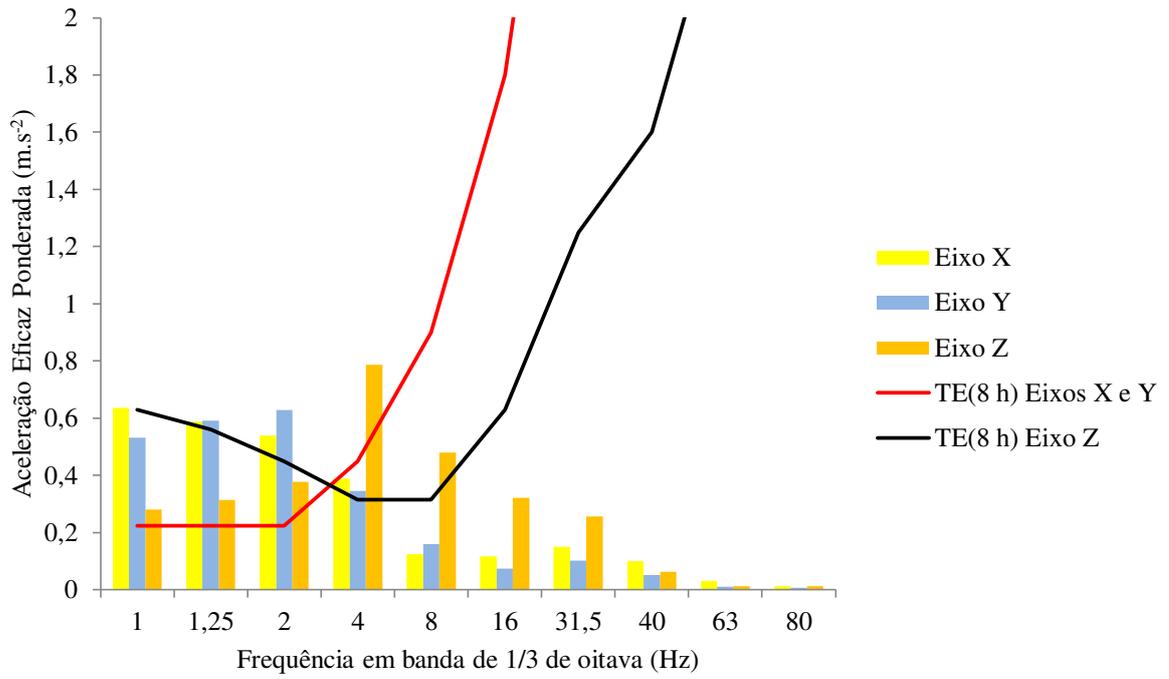
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 37- MAEP do conjunto trator-grade off-set na velocidade de 6,1 km.h⁻¹



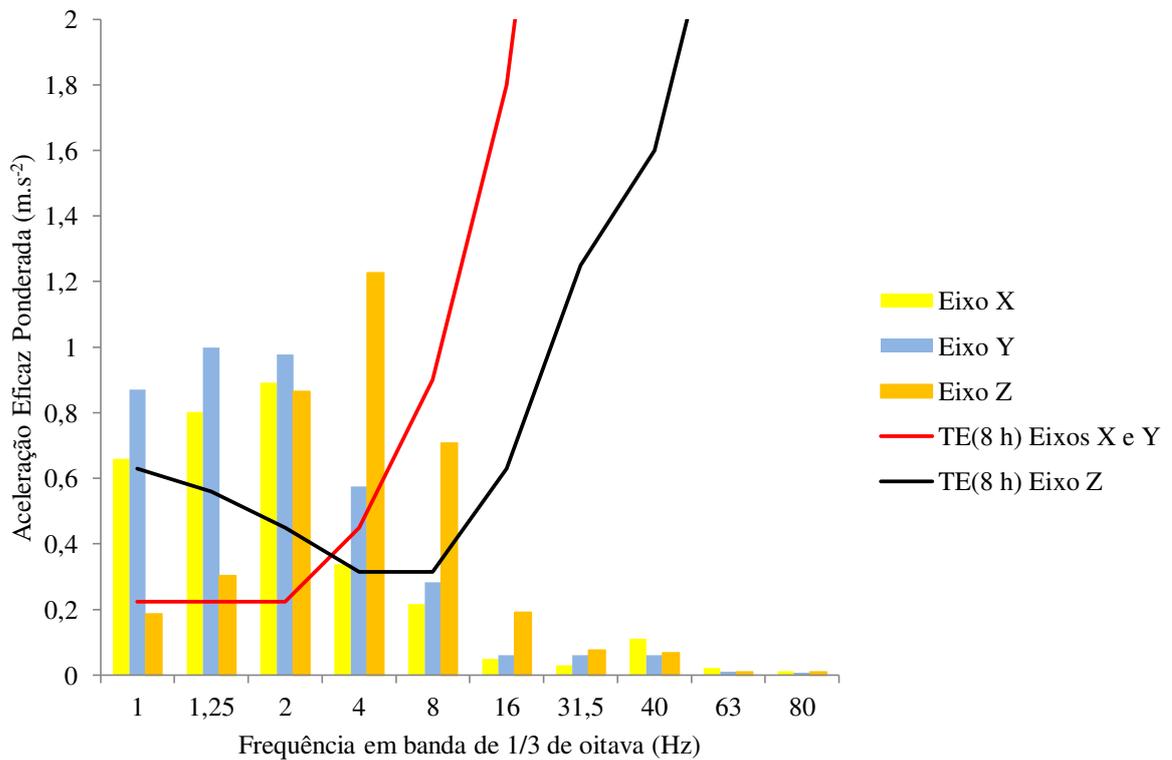
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 38 - MAEP do conjunto trator-enchada rotativa na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



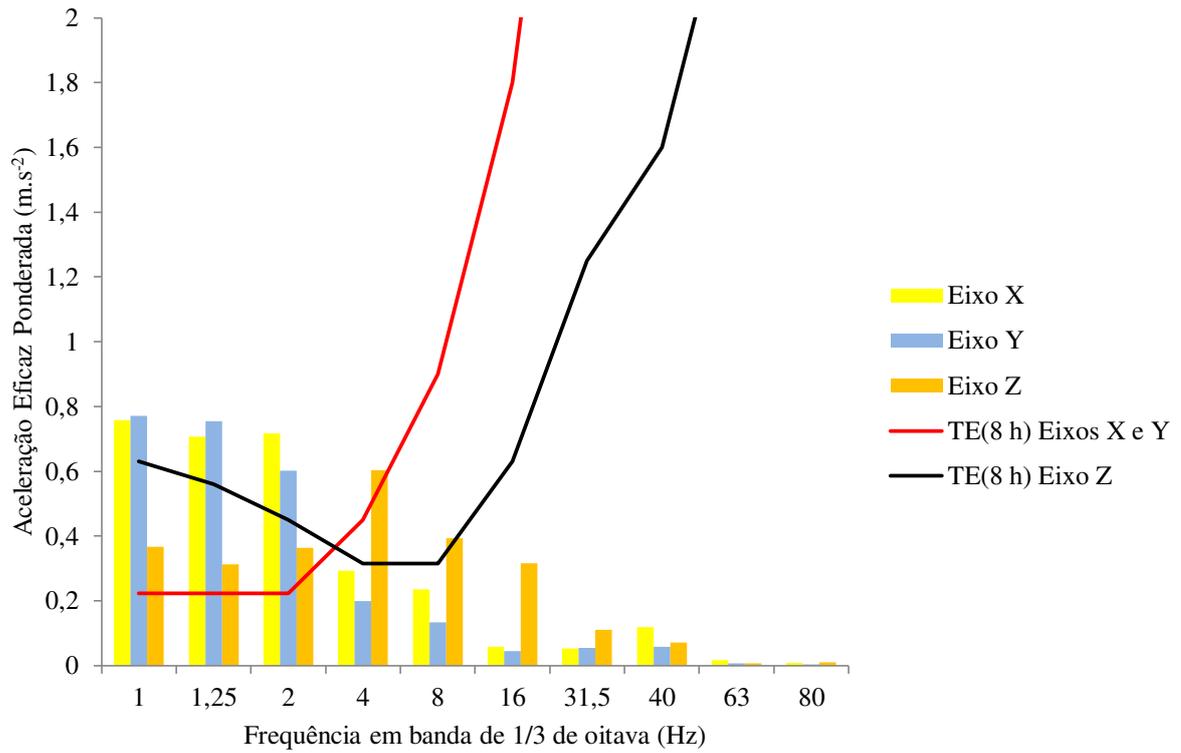
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 39 - MAEP do conjunto trator-enchada rotativa na velocidade de 6,1 km.h⁻¹



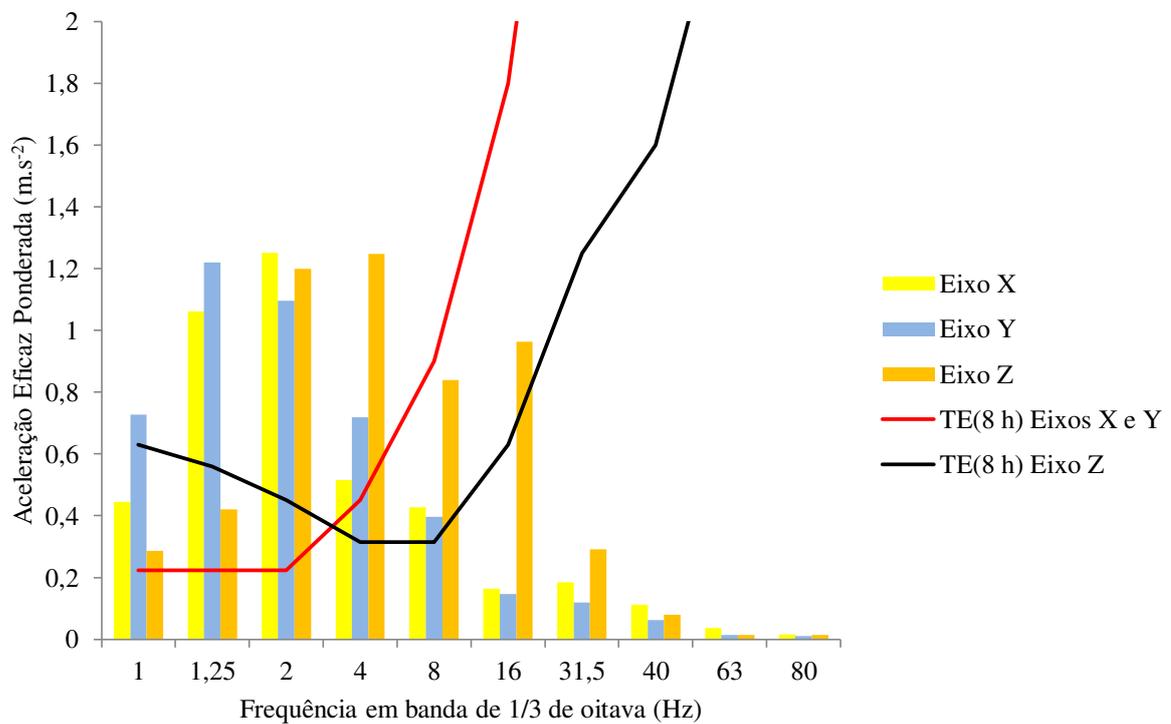
Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 40 - MAEP do conjunto trator-escarificador na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Figura 41 - MAEP do conjunto trator-escarificador na velocidade de 6,1 km.h⁻¹



Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

As duas linhas de limite de exposição para uma jornada de 8 horas diárias correspondem ao período de exposição pela metodologia de nível de eficiência reduzido, é possível observar que apenas o trator sem equipamento acoplado não ultrapassou os limites o que indica que a exposição a esses níveis de vibração reduz a eficiência de trabalho do operador, estando o mesmo mais propício a cometer erros, proporcionar baixa eficiência de trabalho e aumentar sensações como a fadiga.

Conforme Kroemer e Grandjean (2005) a eficiência na direção de veículos é prejudicada por vibrações principalmente na faixa de 4 Hz. Os efeitos negativos crescem conforme o aumento da intensidade da aceleração, para acelerações na ordem de $0,5 \text{ m.s}^{-2}$ intensificam as chances de erro de pilotagem, tornando quase impossível guiar com segurança quando as acelerações atingem $2,5 \text{ m s}^{-2}$.

Apenas o trator sem equipamento acoplado em ambas as velocidades ensaiadas obteve valores inferiores a $0,5 \text{ m.s}^{-2}$, o que indica que ao operar qualquer um dos conjuntos avaliados o operador está bastante susceptível a cometer erros ao guiar o trator, pois sua eficiência na direção está comprometida.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) frequências na faixa de 4 Hz também proporcionam diminuições mensuráveis da visão, podendo resultar em perda da acuidade visual, o que pode afetar o operador durante a operação. Acelerações acima de 2 m.s^{-2} podem reduzir em até 50% a acuidade visual do operador.

O conjunto trator-arado de disco foi o que apresentou a pior condição, pois obteve para a frequência de 4 Hz acelerações de $2,08 \text{ m.s}^{-2}$ na velocidade de deslocamento de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$. Essa condição torna o operador muito mais susceptível à ocorrência de acidentes com o trator, devido redução na sua eficiência de direção e redução na sua acuidade visual, ou seja, além dele demorar um período maior para perceber algum possível problema, sua resposta ao percebê-lo ainda é reduzida e dessa forma o mesmo não é capaz de apresentar uma ação rápida para evitar o acidente.

Chaney (1964) elaborou uma escala de reação humana a vibração, onde as faixas de frequência mais sensíveis são de 4 a 8 Hz, acelerações com intensidade de $0,5 \text{ m.s}^{-2}$ são levemente desconfortáveis, com intensidade de $1,0 \text{ m.s}^{-2}$ são bastante incômodas e acima de $1,5 \text{ m.s}^{-2}$ são consideradas alarmantes.

Dessa forma, é possível observar que além de riscos a saúde, o conforto também é afetado já que essa vibração é perceptível ao operador e lhe causa incômodo.

De acordo com Harris, Piersol e Paez (2009) a exposição a vibrações na faixa de 4 a 8 hz pode acarretar em problemas no pulmão, abdômen, ombro e coluna. Todos os

conjuntos mecanizados avaliados apresentam intensidades de aceleração nessas faixas maiores que $0,5 \text{ m.s}^{-2}$, ou seja, o operador nessas condições está susceptível a desenvolver problemas de saúde nas partes do corpo citadas acima.

Conoforme Kroemer e Grandjean (2005) intensidades de aceleração superiores a $0,5 \text{ m.s}^{-2}$ em frequências de 1 a 4 Hz podem desencadear problemas respiratórios e de 8 a 12 dores nas costas e região lombar.

Segundo Sandi *et al.* (2018) grande parte dos problemas de saúde relacionados a vibração podem ser evitados por meio de levantamentos de dados das condições de trabalho e pela adoção de valores limites para os níveis de exposição.

Cunha *et al.* (2012), os avanços tecnológicos, principalmente nos sistemas de suspensão e assentos dos tratores têm proporcionado maior conforto ao operador garantindo a redução da exposição do operador a níveis de vibração prejudiciais à saúde e segurança.

Ao verificar essas amplificações provenientes dos equipamentos de preparo de solo reforça ainda mais o uso de sistemas conservacionistas, como o cultivo mínimo e o sistema plantio direto quando viáveis as condições disponíveis na propriedade e as exigências da cultura.

5 CONCLUSÃO

Todos os conjuntos utilizados apresentaram amplificação das vibrações de corpo inteiro incidentes ao operador.

Nas condições avaliadas o conjunto trator-arado de disco foi o que apresentou maiores intensidades de vibração e maior risco de dano a saúde do operador considerando uma jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Nas condições avaliadas o conjunto trator-arado de aivecas foi o que apresentou menor amplificação da vibração e riscos a saúde para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Todos os conjuntos utilizados atingiram o nível de eficiência reduzido e apresentaram risco de aparecimento de doenças provenientes da exposição a vibração.

O ATEA% se mostrou um método capaz de quantificar a amplificação ou atenuação proporcionada pelo uso de equipamentos agrícolas.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliar a vibração de máquinas e verificar se existe alguma relação com a vibração transmitida de corpo inteiro.

Avaliar outros fatores que possam influenciar a vibração, como pressão interna de ar nos pneus, umidade do solo, uso de material de cobertura.

Avaliar outros equipamentos agrícolas utilizados no processo produtivo agrícola.

Avaliar a ação da vibração em diferentes condições de uso e superfícies.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. **Introdução à ergonomia: da prática à teoria**. São Paulo: Blucher, 2009.

ADAM, S. A.; JALIL, N. A. A. Vertical Suspension seat transmissibility and SEAT values for seated person exposed to whole-body vibration in agricultural tractor preliminary study. **Procedia Engineering**, v. 170, p. 435 – 442, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817311864>. Acesso em: 28 nov. 2018.

ALONÇO, A. S. **Metodologia de projeto para segurança em máquinas agrícolas**. 2004. 208f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86926>. Acesso em: 12 abr. 2017.

ANTONUCCI, A.; E. SICILIANO, D.; LADIANA, P. Perception of occupational risk by rural workers in an area of central italy. **Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents**, v.26, p. 439-445, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232008235_Perception_of_occupational_risk_by_rural_workers_in_an_area_of_central_Italy. Acesso em 17 fev. 2017.

ASAE EP 496.2 DEC98. Agricultural Machinery Management. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p. 353-358, 1999.

ASAE EP 291.3 FEB2005. Terminology and Definitions for Soil Tillage and Soil-Tool Relationships. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p. 129-132, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 5353: Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais – Ponto de referência do assento. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 5008: Tratores agrícolas de rodas e máquinas de campo - Medição da vibração transmitida ao corpo inteiro do operador. Rio de Janeiro, 2015.

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.

BAESSO, M. M.; GAZZOLA, M.; BERNARDES, S.; BRANDELERO, E.; MODOLO, A. Avaliação do nível de ruído, itens de segurança e ergonomia em tratores agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.9, n.4, p.368-380, 2015. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/333>. Acesso em: 20 jan. 2018.

BALBINOT, A. **Caracterização dos níveis de vibração em motoristas de ônibus: Um enfoque no conforto e na saúde**. 2001. 281 f. Tese (Doutorado em Biomecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2482>. Acesso em: 18 mar. 2016.

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. 10 p. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/index.html>. Acesso em: 10 out. 2018.

BARGER, E. L.; LILJEDAHN, J. B.; CARLETON, W. M; MCKIBBEN, E. G. **Tratores e seus motores.** USAID, 1966.

BOVENZI, M.; BETTA, A. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. **Applied Ergonomics**, v. 25, p. 231–241, 1994. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870\(94\)90004-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870(94)90004-3). Acesso em: 26 dez. 2016.

BOVENZI, M.; HULSHOF, C. T. J. An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986–1997). **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, v. 72, p. 351–365, 1999. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10473835>. Acesso em: 8 mar. 2017.

BRASIL. Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978 NR - 5. Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. In: **SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO**. 29. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria MTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014. NR 15 - anexo 08. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>. Acesso em: 14 mar. 2015.

BRASIL. NORMA REGULAMENTADORA Nº 15 - Atividades e operações insalubre, anexo n.º 8. Redação dada pela Portaria MTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>. Acesso em 03 jun. 2017.

CHANEY, R. E. Subjective reaction to wholebody vibration. **Human Factors Technical Report**, Wichita, v.3, p. 64-74, 1964. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/607462.pdf>. Acesso em 13 nov. 2016.

CINTRA, F. L. D. **Caracterização do impedimento mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul.** 1980. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwifn4mjk6LgAhVmHLkGHb_EBVoQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ufrgs.br%2Fagronomia%2Fmateriais%2FFernando%2520Luis%2520Dutra%2520Cintra%25201980.pdf&usq=AOvVaw2zwdOUm8-KV1gpvmRcL-p8. Acesso em: 14 mar. 2018.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, fev. 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2002000200012&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 17 mar. 2018.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.2, p.289-298, fev. 1999. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/89568/1/pab35696.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

COSTA, E. **Almofadas de assento para atenuação da vibração ocupacional em tratores agrícolas**. 2018. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/31389/1/2018_tese_ecosta.pdf. Acesso em: 5 jan. 2019.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G DE. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul. 2006. Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7713/1/ARTIGO_QualidadeSoloSubmetido.pdf. Acesso em: 25 abr. 2018.

CUNHA, J. P. A. R. da; DUARTE, M. A. V.; RODRIGUES, J. C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, p. 348-355, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/viewFile/6927/5904>. Acesso em: 11 fev. 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; SOUZA, C. M. A. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **IDESIA**. Tarapacá, Chile, v. 30, n. 1, p. 25-34. 2012. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v30n1/art04.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2018.

CUONG, D. M.; ZHU, S.; ZHU, Y. Effects of tyre inflation pressure and forward speed on vibration of an unsuspended tractor. **Journal of Terramechanics**. Silsoe. v. 50, p. 185-198. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022489813000487>. Acesso em: 13 maio 2018.

DALLMEYER, A. U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo de solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000125&pid=S0100-6916200700010001700010&lng=pt. Acesso em: 9 jun. 2018.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo no conservacionismo do solo**. Eschborn: GTZ, 1991.

DOIMO, L. D. S. (2016). **Avaliação da vibração ocupacional no posto operacional de tratores agrícolas estáticos utilizando-se duas rotações angulares**. 2016. 79f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/141976>. Acesso em: 21 fev. 2017.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for Beginners: a quick reference guide**. 2. ed. Londres: Taylor & Francis, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

EN 1032 Mechanical Vibration - Testing of Mobile Machinery in Order to Determine the Vibration Emission Value, 2003. European Committee for Standardization.

FERNANDES, J. C. **Segurança nas vibrações sobre o corpo humano**. [s.l.]: [s.n.], 2000. Apostila. Disponível em: www.feb.unesp.br/jcandido/vib/Apostila.doc. Acesso em: 10 fev. 2018.

FERNANDES, H. C.; SANTOS FILHO, P. F. dos; QUEIROS, D. M. de; CAMILO, A. J.; REIS, E. F. dos. Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 11, n. 1-4, p. 23- 31, 2003. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracao-fernandes.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2018.

FERRARI, D. A. **Intervenção ergonômica e o uso da simulação computacional na concepção de produtos: o design de uma plantadora mecanizada de mandioca**. 2014. 158 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/110866>. Acesso em: 1 fev. 2018.

FIGUEIREDO, M. A. M.; SILVA, L. F. BARNABÉ, T. L. Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores. **Journal of Transport Literature**, v. 10, n.1, p. 35-39, jan. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jtl/v10n1/2238-1031-jtl-10-01-0035.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 425-434, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n2/16.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2017.

FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional (NHO-09): avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico**. São Paulo: Fundacentro, 2013. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/4/nho-09-procedimento-tecnico-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-a-vibracao-de-corpo-inteiro>. Acesso em: 04 dez. 2017.

FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola**. 2007. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7590/Danilo.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2017.

FUTATSUKA, M. et al. Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. **Industrial Health**, v.36, p.127-132, 1998. Disponível em:

<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/indhealth1963/36.127?from=PubMed>. Acesso em: 19 dez. 2018.

GALLAGHER, S.; HEBERGER, J. R. The effects of operator position, pallet orientation, and palletizing condition on low back loads in manual bag palletizing operations. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 47, p. 84–92, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274142168_The_effects_of_operator_position_pallet_orientation_and_palletizing_condition_on_low_back_loads_in_manual_bag_palletizing_operations. Acesso em: 23 mar. 2017.

GOGLIA, V.; GOSPODARIĆ, Z.; KOSUTIĆ, S.; FILIPOVIĆ, D. Hand-transmitted vibration from the steering wheel to drivers of a small four-wheel drive tractor. *Applied Ergonomics*, v. 34, p. 45–49, 2003. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12523804>. Acesso em: 13 maio 2018.

GOGLIA, V.; GOSPODARIC, Z.; FILIPOVIC, D.; DJUKIC, I. 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. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/6943584_Influence_on_operator's_health_of_hand-transmitted_vibrations_from_handles_of_a_single-axle_tractor. Acesso em: 10 maio 2017.

GOMEZ, C.M.; THEDIM-COSTA, S.M.F. A construção do campo da saúde do trabalhador: percursos e dilemas. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 21-32, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X1997000600003&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 16 jun. 2018.

GUIMARÃES, M. C.; BRISOLA, M. V. A ergonomia da atividade e sua contribuição ao desenvolvimento rural. **Revista Sociedade e Desenvolvimento Rural**, Brasília, v. 7, n. 1, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286455862_Reflexoes_sobre_a_ergonomia_da_atividade_e_sua_contribuicao_ao_desenvolvimento_rural. Acesso em: 4 jun. 2018.

HARRIS, C.; PIERSOL, A.; PAEZ, T. **Shock and Vibrations Handbook**. 4 ed. McGraw Hill Professional, 2009.

HILBERT, J. et al. Estudio de impacto utilizando diferentes presiones de inflado sobre las vibraciones de cuerpo entero en tractores agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2002, São Pedro, SP. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. CD Rom.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Definition and domains of ergonomics**. 2017. Disponível em: <http://www.iea.cc/whats/>. Acesso em: 01 fev. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631 Mechanical Vibration and shock - evaluation of human exposure of whole-body vibration: General requirements. Genebra, 1978.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631 Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure of Whole- Body Vibration: General requirements. Genebra, 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 5348 Mechanical vibrations and shock - Mechanical mounting of accelerometers, Geneva, 1997.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: Projeto e Produção** - 3ª edição. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.

IWAMOTO, H. H.; OLIVEIRA, K. F. DE; PEREIRA, G. A.; PARREIRA, B. D. M.; GOULART, B. F. Saúde ocupacional: controle médico e riscos ambientais. **Acta Sci. Health Sci.**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 27-32, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3072/307226622005.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2018.

KOLEY, S.; SHARMA, L.; KAUR, S. Effects of occupational exposure to whole-body vibration in tractor drivers with low back pain in Punjab. **The Anthropologist**, Haryana, India, v. 12, n. 3, p. 183-187, 2010. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09720073.2010.11891151>. Acesso em: 26 maio 2018.

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

KUMAR, A. MAHAJAN, P; MOHAN, D.; VARGHESE, M. Tractor vibration severity a driver health: a study from rural India. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Pavia, ITA, v. 80, n. 4, p. 313-328, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021863401907553>. Acesso em: 19 fev. 2018.

LANÇAS, K. P.; TOSIN, R. C.; ARAUJO, J. A. B.; MONTEIRO, L. A. GUERRA, S. P. S. Avaliação da Vibração Ocupacional no Corpo Inteiro para Tratores Agrícolas de 55,2 kW e 109,5 kW. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 38, 2009, Juazeiro/Petrolina. XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Jaboticabal: SBEA, 2009.

LANGER, T. H.; IVERSEN, T. K.; ANDERSEN, N. K.; MOURITSEN, O.; HANSEN, M. R. Reducing whole-body vibration exposure in backhoe loaders by education of operators. **Int. J. Ind. Ergon.**, v. 42, p. 304–311, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2012.03.00>. Acesso em: 14 dez. 2016.

LANGER, T. H.; EBBESEN, M. K.; KORDESTANI, A. Experimental analysis of occupational whole body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 47, p. 79-83, maio, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814115000426>. Acesso em: 27 jul. 2018.

LINGS, S.; LEBOEUF-YDE, C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992–1999. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 73, n. 5, p. 290-297, 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004200000118>. Acesso em: 17 abr. 2018.

LOPES, J. L. Análise de vibração ocupacional de corpo inteiro em máquinas colhedoras de cana-de-açúcar. **Revista ABHO**, v. 2, p. 6-16, 2012. Disponível em:

http://www.abho.org.br/wpcontent/uploads/2014/02/artigo_analisedevibraoocupacional.pdf. Acesso em: 19 maio 2017.

MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. A.; NASCIMENTO, H. C. F.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. 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. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v20n03/v20n03a14.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2016.

MARCONI, M. A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**, 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MÁRQUEZ, L. **Tractores agrícolas: Tecnología y utilización**. Madrid: B & H Editores, 2012.

MARSILI, A. RAGNI, L.; SANTORO, G.; SERVADIO, P.; VASSALINI, G. Innovative systems to reduce vibrations on agricultural tractors: comparative analysis of acceleration transmitted through the driving seat. **Biosystems Engineering**, v. 81, p. 35-47, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511001900030>. Acesso em: 12 abr. 2017.

MAYTON, A. G.; JOBES, C. C.; AMBROSE, D. H.; KITTUSAMY, N. K. Whole-body vibration exposure comparison of seat designs for low- and mid-seam shuttle cars in underground coal mines. **Transactions of the Society for Mining, Metallurgy, and Exploration**, v. 326, p. 132–142, 2010. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/works/coverSheet57.html>. Acesso em: 2 abr. 2017.

MEHTA, C. R.; SHYAM, M.; SINGH, P.; VERMA, R. N. Ride vibration on tractor-implement system. **Applied Ergonomics**, v. 31, n. 3, jun., p. 323-328, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687099000502>. Acesso em: 22 jan. 2017.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2013. 124 p.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H.; MELO, R. P.; CORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.70-75, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/89568/1/pab35696.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2017.

MORAES, G. A. G. de. **Avaliação dos níveis de vibração no operador de um trator agrícola ensaiado em pista normatizada em diferentes velocidades de deslocamento**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2015. Disponível em: <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1390.pdf>. Acesso em: 3 set. 2018.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB, 2000.

- NIETIEDT, G. H.; RIBAS, R. L. SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; CASALI, A. L.; UHRY, D. Distribuição dos comandos de operação em tratores agrícolas nacionais com até 55kW de potência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 16, n. 6, p. 690-695, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662012000600015&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 23 mar. 2018.
- OLIVEIRA, J. G. R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Bol. geogr.**, v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012. Disponível em: <http://educem.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/viewFile/17644/9666>. Acesso em: 27 jul. 2017.
- PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, v. 23, p. 189-195, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831999000200001&script=sci_abstract. Acesso em: 9 abr. 2018.
- PALMER, K. T.; GRIFFIN, M. J.; BENDALL, H.; PENNETT, B. Prevalence and pattern of occupational exposure to whole body vibration in Great Britain: findings from a national survey. **Occupational Environmental Medicine**, v. 57, 2000. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10810108>. Acesso em 21 jun. 2017.
- PALMER, K. T.; HARRIS, C. E.; GRIFFIN, M. J.; BENNETT, J.; READING, I.; SAMPSON, M.; COGGON, D. Case-control study of low-back pain referred for magnetic resonance imaging, with special focus on whole-body vibration. **Scand. J. Work Environ. Health**, v. 34, p. 364-373, 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18853063>. Acesso em 8 mar. 2017.
- PINHO, M. S.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; RODRIGUES, F. A.; & FERRER, P. S. Efetividade de um coxim de cabina do trator agrícola na atenuação das vibrações. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.461-468, 2014. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/265>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- RANDALL, J. M.; MATTHEWS, R. T.; STILES, M. A. Resonant frequencies of standing humans. *Ergonomics*. v.40, n.9, p.879-886, 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9306739>. Acesso em 22 de dezembro de 2016.
- REGAZZI, R. D.; XIMENES, M. G. Importância da avaliação da vibração no corpo humano: INMETRO. Rio de Janeiro: 2003. 20 p. disponível em: <https://pt.scribd.com/document/364215116/Avaliacao-Da-Vibracao-No-Corpo-Humano>. Acesso em: 04 dez. 2017.
- RIBAS, R. L. **Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola em operação de semeadura**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7562>. Acesso em 30 mar. 2018.

RIBAS, R. L.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; FARIAS, M. S. DE; RODRIGUES, F. A. Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola com pneus radiais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.9, p.1589-1595, set, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n9/0103-8478-cr-44-09-01589.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2017.

ROZIN, D. **Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com Normas de ergonomia e segurança**. 2004. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000900015&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 abr. 2018.

RUITAO, G.; YANG, W.; ZHOU, Y.; HONG, J.; ZHIXIANG, L.; JIAN, S. Tractor Driving Seat Suspension System Research Status and Strategies in China: A Review. **IFAC-Papers online**, v. 51, n. 17, p. 576-581, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318312564>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Vibração**. São Paulo: LTR, 2014.

SANDI, J.; LANÇAS, K. P.; SANTOS, J. E. G.; SARTORI, M. M. P.; SILVA, R. L. Vibração mecânica em um trator agrícola ensaiado em pista padronizada. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.31, n.3, 2016. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2246>. Acesso em: 5 maio 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**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 54-60, abr./jun. 2018. Disponível em: <http://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2152>. Acesso em: 5 nov. 2018.

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. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9461>. Acesso em: 20 mar. 2018.

SANTOS, V. C. dos. **Vibração ocupacional em trator 4x2 tda em função da pressão interna dos pneus e da superfície de rolamento**. 2016. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18201/1/2016-dis_vcsantos.pdf. Acesso em: 12 fev. 2018.

SANTOS, V. C.; MONTEIRO, L. A.; MACEDO, D. X. S.; ALBIERO, D.; ENIO COSTA, E.; DUTRA, J. A. C. Tractor operator anthropometric profile of the Brazilian Northeast State. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n.47, p. 4850 -4856, 2016. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-stat/897AC0761850>. Acesso em 16 abr. 2018.

SANTOS FILHO, 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. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9461>. Acesso em: 11 mar. 2017.

SANTOS FILHO, P. F.; FERNANDES, H. C.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, A. P.; CAMILO, A. J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.887-895, 2003.

SCARLETT, A. J.; PRICE, J. S.; STAYNER, R. M.; SEMPLE, D. A. Whole-body vibration on agricultural vehicles, evaluation of emission and estimated exposure levels. **Journal of Terramechanics**, v. 44, n. 1, p. 65-73, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223379446_Whole-Body_Vibration_Evaluation_of_Emission_and_Exposure_Levels_Arising_from_Agricultural_Tractors. Acesso em: 17 mar. 2017.

SCARLETT, A. J.; PRICE, J. S.; STAYNER, R. M. Whole-Body Vibration: Evaluation of Emission and Exposure Levels Arising from Agricultural Tractors. **Silsoe Research Institute for the Health and Safety Executive**, v. 32, p. 221-232, 2007.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G.; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água.** Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1984.

SEIDEL, H. On the relationship between whole-body vibration exposure and spinal health risk. **Industrial Health**. v. 43, n. 3, 2005. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/43/3/43_3_361/_article. Acesso em: 12 mar. 2018.

SEMEQ. **Análise de vibração.** 2013. Disponível em: http://www.semeq.com.br/site/analisedevibracao/?gclid=CjwKEAjwiqoBRC9gvHCsvDdn2cSJACV3DFROmd_rF9H. Acesso em: 22 mar. 2016.

SILVA, C. B. VOLPATO, C. E. S.; ANDRADE, L. A. B.; BARBOSA, J. A. Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 35, n. 1, p 179-185, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000100023&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 1 abr. 2017.

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. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/5E8596460818>. Acesso em: 2 fev. 2017.

SILVA, L. F.; MENDES, R. Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores. **Revista Saúde Pública**, v. 39, p. 9-17, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/31827/33767>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SILVA, I. F. **Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo**. 1980. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n2/15.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2017.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa-MG, v. 22, p.311-317, 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000200017&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 6 out. 2018.

SILVA FILHO, J. A. **VIBRAÇÃO - Melhor caminho é a prevenção!** Disponível em: http://www.js.srv.br/reportagens/24_04_2015.pdf. Acesso em: 13 nov. 2017.

SMITH, D. R.; LEGGAT, P. A. Whole-body vibration: health effects, measurement and minimization. **Professional Safety**, v. 50, n. 7, p. 35-40, 2005. Disponível em: <https://researchonline.jcu.edu.au/7071/>. Acesso em: 10 mar. 13 jan. 2019.

SOLECKI, L. Preliminary recognition of whole body vibration risk in private farmers working environment. **Ann. Agric. Environ. Med.**, v. 14, p. 299-304, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18247468>. Acesso em: 31 dez. 2016.

SORAINEN, E.; PENTTINEN, J.; KALLIO, M.; TAATTOLA, K. Whole-Body Vibration of Tractor Drivers During Harrowing. **American Industrial Hygiene Association**, v. 59, n. 9, 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/13507066_Whole-Body_Vibration_of_Tractor_Drivers_During_Harrowing. Acesso em 13 mar. 2018.

TAN, C. F.; DELBRESSINE, F.; RAUTERBERG, M. Vehicle seat design: state of the art and recent development. In: **WORLD ENGINEERING CONGRESS**, 1., 2007, Penang. Proceedings... . Penang: Federation Of Engineering Institutions Of Islamic Countries, 2007. p. 51 - 61. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/241242277_VEHICLE_SEAT_DESIGN_STATE_OF_THE_ART_AND_RECENT_DEVELOPMENT. Acesso em: 28 ago. 2016.

TEWARI, V. K.; DEWANGAN, K. N. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. **Biosystems Engineering**, v. 103, p. 146-158, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511009000695>. Acesso em: 9 fev. 2018.

TOSIN, R. C. **Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas**. 2009. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101672?locale-attribute=pt_BR. Acesso em: 22 out. 2017.

VASCONCELOS, G. Entenda quais são os agentes dos riscos físicos nas empresas. 2017. Disponível em: <http://www.portalglauco.com.br/blog/entenda-quais-sao-os-agentes-dos-riscos-fisicos-nas-empresas/>. Acesso em 10 fev. 2018.

VEIGA, R. K.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C. Análise ergonômica cognitiva: influência dos estereótipos na interação com os comandos de tratores. **Revista Ação Ergonômica**, v.9,

n.2, 2014. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/233>. Acesso em: 24 set. 2018.

VENDRAME, A. C. **Vibrações ocupacionais**. 2017. Disponível em: http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf. Acesso em 10 jan. 2017.

WALBER, M.; TAMAGNA, A. Avaliação dos níveis de vibração existentes em passageiros de ônibus rodoviários intermunicipais, análise e modificação projetual. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 11, n. 15, p. 1-88, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/16304>. Acesso em: 12 fev. 2018.

XIMENES, G. M. **Gestão ocupacional da vibração no corpo humana, aspectos técnicos e legais relacionadas a saúde e segurança**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão). Programa de Pós-graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: http://repositorios.inmetro.gov.br/bitstream/10926/207/1/Ximenes_2006.pdf. Acesso em: 19 ago. 2017.

ZEHS AZ, M.; SADEGHI, M. H.; ETTEFAGH, M. M.; SHAMS, F. Tractor cabin's passive suspension parameters optimization via experimental and numerical methods. **Journal of Terramechanics**, Amsterdã, v. 48, p. 439-450, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022489811000632>. Acesso em: 14 mai. 2018.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE ACELERAÇÃO MÉDIA NOS EIXOS X, Y E Z

Tabela 20 - Análise de variância da Aceleração média no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.09924	0.01985	26.2000 **
Resíduo	24	0.01818	0.00076	
Total	29	0.11742		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	26.2	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 21 - Análise de variância da Aceleração média no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.14458	0.02892	22.6022 **
Resíduo	24	0.03070	0.00128	
Total	29	0.17529		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	22.6022	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 22 - Análise de variância da Aceleração média no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.10821	0.02164	49.6125 **
Resíduo	24	0.01047	0.00044	
Total	29	0.11868		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	49.6125	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 23 - Análise de variância da Aceleração média no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.04261	0.00852	7.3352 **
Resíduo	24	0.02788	0.00116	
Total	29	0.07049		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	7.3352	0.0002

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 24 - Análise de variância da Aceleração média no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.28554	0.05711	60.3025 **
Resíduo	24	0.02273	0.00095	
Total	29	0.30827		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	60.3025	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 25 - Análise de variância da Aceleração média no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.12364	0.02473	11.3728 **
Resíduo	24	0.05218	0.00217	
Total	29	0.17582		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	11.3728	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

APÊNDICE B – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE PICO MÁXIMO DE VIBRAÇÃO NOS EIXOS X, Y E Z

Tabela 26 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	3.73348	0.74670	12.8875 **
Resíduo	24	1.39055	0.05794	
Total	29	5.12403		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	12.8875	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 27 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	10.07131	2.01426	13.4981 **
Resíduo	24	3.58140	0.14923	
Total	29	13.65272		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	13.4981	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 28 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	3.12191	0.62438	16.6339 **
Resíduo	24	0.90088	0.03754	
Total	29	4.02279		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	16.6339	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 29 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	24.38625	4.87725	53.5577 **
Resíduo	24	2.18557	0.09107	
Total	29	26.57182		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	53.5577	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 30 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	12.33475	2.46695	48.1595 **
Resíduo	24	1.22939	0.05122	
Total	29	13.56414		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	48.1595	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 31 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	22.25566	4.45113	86.3301 **
Resíduo	24	1.23743	0.05156	
Total	29	23.49308		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	86.3301	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

APÊNDICE C – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES FATOR DE CRISTA NOS EIXOS X, Y E Z

Tabela 32 - Análise de variância do fator de crista no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	8.23501	1.64700	1.6386 ns
Resíduo	24	24.12267	1.00511	
Total	29	32.35768		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	2.6207	1.6386	0.1881

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 33 - Análise de variância do fator de crista no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	61.93699	12.38740	8.2210 **
Resíduo	24	36.16321	1.50680	
Total	29	98.10021		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	8.221	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 34 - Análise de variância do fator de crista no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	35.49740	7.09948	5.3438 **
Resíduo	24	31.88537	1.32856	
Total	29	67.38276		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	5.3438	0.0019

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 35 - Análise de variância do fator de crista no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	133.80151	26.76030	29.8589 **
Resíduo	24	21.50939	0.89622	
Total	29	155.31090		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	29.8589	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 36 - Análise de variância do fator de crista no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	16.19389	3.23878	2.6425 *
Resíduo	24	29.41606	1.22567	
Total	29	45.60995		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	2.6207	2.6425	0.0485

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 37 - Análise de variância do fator de crista no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	115.42395	23.08479	35.5655 **
Resíduo	24	15.57789	0.64908	
Total	29	131.00185		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	35.5655	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

APÊNDICE D – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE AREN

Tabela 38 - Análise de variância de aren na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	0.67056	0.13411	57.6360 **
Resíduo	24	0.05585	0.00233	
Total	29	0.72641		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	57.636	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 39 - Análise de variância de aren na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	1.04722	0.20944	56.4735 **
Resíduo	24	0.08901	0.00371	
Total	29	1.13622		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	56.4735	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

APÊNDICE E – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE VDVR

Tabela 40 - Análise de variância de VDVR na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	214.46551	42.89310	60.8141 **
Resíduo	24	16.92757	0.70532	
Total	29	231.39308		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	60.8141	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 41 - Análise de variância de VDVR na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	383.08120	76.61624	59.1231 **
Resíduo	24	31.10105	1.29588	
Total	29	414.18225		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	59.1231	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

APÊNDICE F – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA TRANSMISSIBILIDADE (ATEA%)

Tabela 42 - Análise de variância da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	29030.32324	7257.58081	3.9611 *
Resíduo	20	36643.94124	1832.19706	
Total	24	65674.26448		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
4	20	2.8661	3.9611	0.0158

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 43 - Análise de variância da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	50220.56059	12555.14015	30.8413 **
Resíduo	20	8141.76469	407.08823	
Total	24	58362.32528		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	P
4	20	4.4307	30.8413	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 44 - Análise de variância da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1348.53791	337.13448	0.5157 ns
Resíduo	20	13074.64995	653.73250	
Total	24	14423.18786		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
4	20	0.117	0.5157	0.725

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 45 - Análise de variância da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	9325.29818	2331.32455	2.1561 ns
Resíduo	20	21625.57312	1081.27866	
Total	24	30950.87130		
** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)				
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)				
ns não significativo (p >= .05)				
GL	GLR	F-crit	F	p
4	20	2.8661	2.1561	0.1113

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 46 - Análise de variância da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	22900.28458	5725.07114	86.9966 **
Resíduo	20	1316.15906	65.80795	
Total	24	24216.44364		
** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)				
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)				
ns não significativo (p >= .05)				
GL	GLR	F-crit	F	p
4	20	4.4307	86.9966	<.0001

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

Tabela 47 - Análise de variância da transmissibilidade dos equipamentos agrícolas no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	39243.34749	9810.83687	7.7212 **
Resíduo	20	25412.82543	1270.64127	
Total	24	64656.17291		
** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)				
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)				
ns não significativo (p >= .05)				
GL	GLR	F-crit	F	p
4	20	4.4307	7.7212	0.0005

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

ANEXO A – NHO 09

Abaixo seguem alguns conceitos sobre vibração ocupacional considerados pela NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013):

Componente de exposição: parte da exposição diária que pode ser representada por um único valor de aceleração resultante de exposição parcial (a_{re_p}). A componente de exposição pode ser decorrente de uma única operação ou consequência de duas ou mais operações executadas de forma sequencial.

Fator de crista (FC): módulo da razão entre o máximo valor de pico de $a_j(t)$ e o valor de a_{m_j} , ambas ponderadas em frequência.

Grupo de exposição similar (GES): corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte deste grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que o compõem.

Limite de exposição (LE): parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos que possam resultar em dano à sua saúde.

Nível de ação: valor acima do qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

Ponto de medição: ponto(s) localizado(s) na zona de exposição, ou próximo(s) a esta, cujos valores obtidos sejam representativos da exposição da região do corpo atingida.

Zona de exposição: interface entre a fonte de vibração e a região do corpo para a qual a energia da vibração é transferida.

Pico a pico: indica a dupla amplitude da onda e é usado, por exemplo, onde o deslocamento vibratório da máquina é parte crítica na tensão máxima de elementos de máquina.

Amplitude: é o deslocamento máximo do corpo em relação a sua posição de equilíbrio, sendo que a intensidade da vibração está associada ao deslocamento, velocidade e aceleração.

Abaixo seguem as equações utilizadas para o cálculo dos valores VDVR (valor da dose de vibração resultante) e aren (aceleração resultante de exposição normalizada) (NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013):

Aceleração média (am_j): raiz média quadrática dos diversos valores da *aceleração instantânea* ocorridos em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção “j”, definida pela Equação 1:

$$am_j = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (m.s^{-2}) \quad (1)$$

sendo:

$a_j(t)$ corresponde aos valores $a_x(t)$, $a_y(t)$ ou $a_z(t)$, em $m.s^{-2}$, segundo os eixos ortogonais x, y e z, respectivamente;

$t_2 - t_1$ corresponde ao tempo de medição.

Aceleração média resultante (amr): corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, definida pela Equação 2:

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad (m.s^{-2}) \quad (2)$$

sendo:

am_j = aceleração média;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado

($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e “ $f = 1,0$ ” para o eixo “z”).

Aceleração resultante de exposição parcial ($arep_i$): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à componente de exposição “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das acelerações obtidas cada vez que a componente de exposição é repetida, conforme a Equação 3.

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad (m.s^{-2}) \quad (3)$$

sendo:

amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “ i ” que foram mensuradas.

Aceleração resultante de exposição (are): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas componentes de exposição identificadas, definida pela Equação 4.

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad (\text{m.s}^{-2}) \quad (4)$$

sendo:

arep_i = aceleração resultante de exposição parcial;

n_i = número de repetições da componente de exposição “ i ” ao longo da jornada de trabalho;

T_i = tempo de duração da componente de exposição “ i ”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

Aceleração resultante de exposição normalizada (aren): corresponde à aceleração resultante de exposição (are) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela Equação 5.

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (\text{m.s}^{-2}) \quad (5)$$

sendo:

are = aceleração resultante de exposição;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho expresso em horas ou minutos;

T₀ = 8 horas ou 480 minutos.

Valor da dose de vibração (VDV_j): corresponde ao valor obtido a partir do método de dose de vibração à quarta potência determinado na direção “ j ”, sendo que “ j ” corresponde aos eixos ortogonais “ x ”, “ y ” ou “ z ”, expresso em $\text{m/s}^{1,75}$, definido pela Equação 6.

$$VDV_j = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt} \quad (6)$$

sendo:

$a_j(t)$ = aceleração instantânea ponderada em frequência;
 t = tempo de duração da medição.

Valor da dose de vibração (VDV_{ji}): corresponde ao valor de dose de vibração, determinado na direção “j”, relativo às “s” amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas, definido pela Equação 7.

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{jik})^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (7)$$

sendo:

VDV_{jik} = valor de dose de vibração relativa à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

Valor da dose de vibração da exposição parcial ($VDVexp_{ji}$): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”, que pode ser obtido por meio da Equação 8.

$$VDVexp_{ji} = f_i \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

sendo:

VDV_{ji} = valor da dose de vibração medido no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

T_{exp} = tempo total de exposição à vibração, ao longo de toda a jornada de trabalho, decorrente da componente de exposição “i” em estudo. Corresponde ao número de repetições da componente, vezes o seu tempo de duração;

T_{amos} = tempo total utilizado para a medição das “s” amostras representativas da componente de exposição “i”, em estudo, de acordo com a Equação 9:

$$T_{amos} = \sum_{k=1}^s T_k \quad (9)$$

T_k = tempo de medição relativo à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado

($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e $f = 1,0$ para o eixo “z”).

Valor da dose de vibração da exposição (VDVexp_j): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária em cada eixo de medição, que pode ser obtido por meio da Equação 10.

$$VDVexp_j = \left[\sum_{i=1}^m (VDVexp_{ji})^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (10)$$

sendo:

VDVexp_{ji} = valor da dose de vibração da exposição representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição.

Valor da dose de vibração resultante (VDVR): corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição, que pode ser obtido por meio da Equação 11:

$$VDVR = \left[\sum_j (VDVexp_j)^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (11)$$

Sendo:

VDVexp_j = valor da dose de vibração da exposição, representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.

Pico máximo (PMX_j): Indica o valor mais alto da aceleração durante a medição na no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.

ANEXO B – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE VIBRAÇÃO HD 2030 E DO ACELERÔMETRO 356B41 UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

LABORATÓRIO 	 BRASIL Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta CEP: 02125-030 - São Paulo - SP site: http://www.almont.com.br CNPJ: 01.236.739/0001-60										
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO 5391-2015											
Solicitante do Serviço:											
Nome: Enio Costa Endereço: Av. Luciano Carneiro, 635 Bairro: Fatima Cidade: Fortaleza CEP: 60.411-205	UF: CE										
Identificação do Item:											
Item: Monitor de Vibração Fabricante: Instrutherm Modelo: MV-100 N.º de Série: 13100430199 Identificação: Não Informado	B.P.: 307126										
Dados da calibração:											
Data da Calibração: 14-out-15 N.º do Processo: 2012 Procedimento de Calibração: PC-11 REV. 5	Item: 2										
Condições Ambientais:											
Temperatura: 22,3 °C Umidade Relativa: 53 %											
Método de Medição:											
Os valores são obtidos através da excitação do Piezo por um Calibrador Padrão.											
Padrões e Instrumentação Utilizados:											
<table border="0"> <thead> <tr> <th>Padrão</th> <th>Código</th> <th>Certificado nº</th> <th>Emitente</th> <th>Validade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calibrador de Acelerometro</td> <td>P-018</td> <td>CBR1500149</td> <td>Spectris - RBC</td> <td>março-17</td> </tr> </tbody> </table>	Padrão	Código	Certificado nº	Emitente	Validade	Calibrador de Acelerometro	P-018	CBR1500149	Spectris - RBC	março-17	
Padrão	Código	Certificado nº	Emitente	Validade							
Calibrador de Acelerometro	P-018	CBR1500149	Spectris - RBC	março-17							
<hr/>											
Imp. 022 Rev. 02 (08-2012)	1/2										

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

5391-2015

Teste do sensor de mãos e braços Número de Série: LW146426

Frequência de teste	Eixo	Aceleração (m/s ²)		Erro (m/s ²)	Incerteza (m/s ²)
		VC	VM		
79,58 Hz	X		1,020	-0,006	0,06
	Y	1,026	1,000	-0,026	0,06
	Z		1,010	-0,016	0,06
	X		5,100	-0,036	0,06
	Y	5,136	5,040	-0,096	0,06
	Z		5,050	-0,086	0,06
	X		10,150	-0,104	0,06
	Y	10,254	10,120	-0,134	0,06
	Z		10,080	-0,174	0,06

Teste do sensor de corpo inteiro Número de Série: 154469

Frequência de teste	Eixo	Aceleração (m/s ²)		Desvio (m/s ²)	Incerteza (m/s ²)
		VC	VM		
79,58 Hz	X		1,000	-0,026	0,06
	Y	1,026	1,020	-0,006	0,06
	Z		1,010	-0,016	0,06

Legenda:

VM = Valor Medido (medição obtida no instrumento calibrado)
VC = Valor convencional (medição obtida do padrão)

Observações:

- Este certificado de calibração é válido somente para o instrumento especificado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares.
- Não é autorizada a reprodução parcial deste documento sem autorização da ALMONT DO BRASIL.
- A incerteza estimada das medições são para um nível de confiança de 95%. Baseado em um fator de abrangência $k=2,00$.

Técnico Executor:

Guilherme Moraes Ribeiro
Auxiliar Técnico Instrumentista

Responsável Técnico:


Ailson Ricardo Vichinc
Gerente Técnico

Fim do certificado de Calibração

ANEXO C – RELATÓRIO TÉCNICO DE PESAGEM DO TRATOR VALTRA BM125I

Alinhamento:		Eixo: 1				Limites			
m/km		-2				7 12			
Freio Serviço		Eficiência freio = 0 %							
Força daN	Eixo: 1	Eixo: 2							
Esq.	0	0							
Dir.	0	0							
Deseq. %	0	0						20 35 20	
Atrito:	0	0							
Desliz Esq.	0	0							
Desliz Dir.	0	0							
Ader. Esq.	0	0							
Ader. Dir.	0	0							
Oval. Esq.									
Oval. Dir.									
Pedal N.									
Freio Estacionamento		Eficiência freio = 0 %							18
Força daN	Eixo: 2								
Esq.	0								
Dir.	0								
Deseq.	0								
Alavanca N									
Resultado Freio: INCOMPLETO				Resultado Alinhamento: APROVADO					
Pêso daN		Eixo: 1		Eixo: 2					
Esq.	1430		1710						
Dir.	1410		1820						
Pêso Estático Total: 0									

Dados: Napro - DUOXP 3.13.2

Fonte: NUTEC (2017).