

MARCELO JULIANO ROSA

**“O IMPACTO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO SENTADO NO CORTE
MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR”**

São Paulo

2016

MARCELO JULIANO ROSA

**“O IMPACTO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO SENTADO NO CORTE
MECANIZADO DE CANA-DE-AÇÚCAR”**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do Título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho.

São Paulo
2016

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus , fonte da vida, a minha valorosa esposa Izabela e minha amada filha Laura!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, “Querido Deus graças te dou, por me ouvir, me guardar e por fazer de tudo para me ver sorrir!”. Sabemos que sem Ele nada poderíamos fazer.

Também agradeço a minha esposa Izabela e minha filha Laura, que sempre me apoiaram e que mesmo a privando de momentos em família, me incentivaram e ajudaram do inicio até o término desse curso.

Também agradeço aos meus pais e meus irmãos que puderam auxiliar a minha família nos momentos em que estive ausente e sempre me incentivaram a completar cada sonho.

Também agradeço a empresa Ambiental Qualidade de Vida no Trabalho através de seus representantes, Engenheiro Carlos Gustavo Jacóia e Dr. Norberto Pompermayer, que contribuiram com suas experiências na área de segurança e medicina do trabalho e cederam os equipamentos e relatórios para realização das avaliações de vibração.

Também agradeço a todos os colaboradores e professores do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, pela perícia, dedicação e profissionalismo.

"Deem graças ao Senhor, proclamem o seu nome; divulguem os seus feitos entre as nações. Cantem para Ele e louvem-no; relatem todas as suas maravilhas. Gloriem-se no seu santo nome; alegre-se o coração dos que buscam o Senhor. Recorram ao Senhor e ao seu poder; busquem sempre sua presença. Lembrem-se das maravilhas que Ele fez, dos seus prodígios e das sentenças de juízo que pronunciou (...)".

(Salmo 105: 1-5)

RESUMO

Este trabalho, restringiu-se a estudar o impacto da vibração de corpo inteiro sentado no corte mecanizado de cana-de-açúcar de acordo com a sua intensidade e os limites de tolerância estabelecidos pela NR-15, anexo 8 e NR-09, anexo I. Considerando que a higiene ocupacional possui a incumbência de zelar pela saúde e integridade do trabalhador nos ambientes de trabalho, o presente estudo avaliou a intensidade de vibração ocupacional no corte mecanizado de cana-de-açúcar em diferentes tipos de solos, diversos operadores e máquinas para verificar se ocorreram interferências no resultado das avaliações de acordo com essas variáveis. A norma que estabelece critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional a vibração é a NR-15, no seu anexo 8, que foi aprovada pela portaria 3.214 de 1978, com redação alterada pela portaria 1.297 de 2014 do Ministério do Trabalho em Emprego. A metodologia empregada na avaliação foi por amostragem, baseada no estudo da atividade de operação de colhedora de cana-de-açúcar, seguindo os critérios de avaliação da NHO-09. Para determinação da exposição ocupacional dos trabalhadores à vibração de corpo inteiro sentado, foram realizadas medições fazendo o uso de um equipamento denominado medidor de vibração (dosímetro de vibração). De acordo com os resultados obtidos nas avaliações, gerou-se a média ponderada no tempo de acordo com a exposição do trabalhador. As medições foram realizadas por ciclo de trabalho e projetada para a jornada toda, considerando o número total de ciclos realizados na jornada. Concluiu-se que os trabalhadores do corte mecanizado de cana-de-açúcar encontram-se expostos a diferentes níveis de vibração, que dependendo da situação, pode ser desde insalubres e nocivos à saúde até a valores aceitáveis. Como existe muitas variáveis envolvidas com a vibração, é muito difícil generalizar a situação, pois é um conjunto de medidas que pode mitigar o risco e deixá-lo a níveis aceitáveis.

Palavras-Chave: Limites de tolerância. Acelerômetro. Vibração. Corte mecanizado de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

This work was restricted to study the impact of whole body vibration sitting on mechanized cutting of sugarcane according to their intensity and the tolerance limits set by the NR-15, Annex 8 and NR-09, Annex I. whereas occupational hygiene has the task of ensuring the worker's health and integrity in the workplace, this study evaluated the intensity of occupational vibration in the mechanical harvesting of sugarcane in different soil types, various operators and machines to see if interference occurred in the results of the evaluations according to these variables. The rule establishing criteria and procedures for assessment of occupational exposure to vibration is the NR-15, in Annex 8, which was approved by Decree 3214 of 1978, with wording amended by Decree 1297 of 2014 the Ministry of Labor for Employment. The methodology used in the evaluation sample was based on the study of the harvester operation activity of sugarcane, following the evaluation criteria of the NHO-09. For the determination of occupational exposure of workers to whole body vibration sitting measurements were performed making use of a device called vibration meter (vibration dosimeter). According to the results obtained in the evaluations, it generated a time-weighted average according to worker exposure. The measurements were carried out per working cycle and designed for the entire journey, considering the total number of cycles performed on the journey. It was concluded that the mechanical cutting workers of sugarcane are exposed to different levels of vibration, which depending on the situation, can be from unhealthy and harmful to health to acceptable values. As there are many variables involved with the vibration, it is very difficult to generalize the situation as it is a set of measures that can mitigate the risk and leave it to acceptable levels.

Keywords: Tolerance limits. Accelerometer. Vibration. Mechanized cutting sugarcane.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Direção da vibração.....	17
Figura 2 – Equivalência de aceleração para nível de aceleração.....	18
Figura 3 – Principais parâmetros da amplitude de vibração	19
Figura 4 – Modelo mecânico do corpo humano.....	25
Figura 5 – Modelo de medidor de vibração	31
Figura 6 – Medidor de vibração utilizado.....	32
Figura 7 – Instalação do suporte do acelerômetro (prato)	33
Figura 8 – Resultado do medidor de vibração da medição 01.....	38
Figura 9 – Memorial de cálculo - aren, medição 01	39
Figura 10 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 01	39
Figura 11 – Resultado do medidor de vibração da medição 02.....	41
Figura 12 – Memorial de cálculo - aren, medição 02.....	41
Figura 13 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 02	42
Figura 14 – Resultado do medidor de vibração da medição 03.....	43
Figura 15 – Memorial de cálculo - aren, medição 03.....	44
Figura 16 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 03	44
Figura 17 – Resultado do medidor de vibração da medição 04.....	46
Figura 18 – Memorial de cálculo - aren, medição 04.....	46
Figura 19 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 04	47

Figura 20 – Resultado do medidor de vibração da medição 05.....	48
Figura 21 – Memorial de cálculo - aren, medição 05.....	49
Figura 22 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 05	49
Figura 23 – Resultado do medidor de vibração da medição 06.....	51
Figura 24 – Memorial de cálculo - aren, medição 06.....	51
Figura 25 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 06	52
Figura 26 – Resultado do medidor de vibração da medição 07.....	53
Figura 27 – Memorial de cálculo - aren, medição 07	54
Figura 28 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 07	54
Figura 29 – Resultado do medidor de vibração da medição 08.....	56
Figura 30 – Memorial de cálculo - aren, medição 08.....	56
Figura 31 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 08	57
Figura 32 – Resultado do medidor de vibração da medição 09.....	58
Figura 33 – Memorial de cálculo - aren, medição 09.....	59
Figura 34 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 09	59
Figura 35 – Resultado do medidor de vibração da medição 10.....	61
Figura 36 – Memorial de cálculo - aren, medição 10.....	61
Figura 37 – Memorial de cálculo - VDVR, medição 10	62
Figura 38 – Comparativo dos resultados encontrados	65

LISTA DE SIGLAS

ACGIH -	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
aren -	Aceleração resultante de exposição normalizada
CLT -	Consolidação das leis trabalhistas
dB -	Decibel
GSE -	Grupo similar de exposição
Hz -	Ciclos por segundo
ISO -	<i>International Organization for Standardization</i>
LT -	Limite de tolerância
NA -	Nível de ação
NHO -	Norma de higiene ocupacional
NR -	Norma regulamentadora
OIT -	Organização internacional do trabalho
PPRA -	Programa de prevenção de riscos ambientais
RBC -	Rede brasileira de calibração
rms -	<i>Root mean square</i>
VCI -	Vibração de corpo inteiro
VDVR -	Valor de dose de vibração resultante

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.2. JUSTIFICATIVA	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1. A VIBRAÇÃO	16
2.2. INTENSIDADE DE VIBRAÇÃO.....	18
2.3. FREQUÊNCIA.....	24
2.4. CICLO DE TRABALHO	25
2.5. EFEITOS A SAÚDE DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO	26
2.6. LEGISLAÇÃO.....	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1. METODOLOGIA.....	29
3.1.1. Do estudo.....	30
3.1.2. População analisada.....	30
3.2. MATERIAIS DA PESQUISA.....	30
3.2.1. Medidor de vibração ou dosímetro de vibração	30
3.2.2. Posicionamento do medidor de vibração	32
3.2.3. Procedimento	33
3.2.4. Parâmetros do aparelho de medição.....	34
3.2.4.1. Circuitos de ponderação para corpo inteiro.....	34
3.2.4.2. Fator de multiplicação "j" em função do eixo considerado	34
3.2.4.3. Unidade de medição.....	34
3.2.5. Cálculos	35
3.2.5.1. Etapas para cálculos do aren.....	35
3.2.5.2. Etapas para cálculos do VDVR	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1. RESULTADOS	38
4.1.1. Valores - medição 01	38
4.1.1.1. Interpretação dos resultados	40
4.1.2. Valores - medição 02.....	40
4.1.2.1. Interpretação dos resultados	42

4.1.3. Valores - medição 03.....	43
4.1.3.1. Interpretação dos resultados	45
4.1.4. Valores - medição 04.....	45
4.1.4.1. Interpretação dos resultados	47
4.1.5. Valores - medição 05.....	48
4.1.5.1. Interpretação dos resultados	50
4.1.6. Valores - medição 06.....	50
4.1.6.1. Interpretação dos resultados	52
4.1.7. Valores - medição 07.....	53
4.1.7.1. Interpretação dos resultados	55
4.1.8. Valores - medição 08.....	55
4.1.8.1. Interpretação dos resultados	57
4.1.9. Valores - medição 09.....	58
4.1.9.1. Interpretação dos resultados	60
4.1.10. Valores - medição 10.....	60
4.1.10.1. Interpretação dos resultados	62
4.2. MEDIDAS DE PROTEÇÃO	63
4.3. DISCUSSÕES	64
5. CONLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

O setor sucroalcoleiro vem crescendo significativamente no Brasil. Na safra 2005/2006, o país possuía uma área plantada de cana-de-açúcar de 5.840,3 mil hectares, já na safra de 2014/2015 houveram 9.004,5 mil hectares em área plantada de cana-de-açúcar, o que significa um crescimento de aproximadamente 54,2% quando comparado a safra 2005/2006 com 2014/2015, as áreas plantadas estão distribuídas em várias regiões do país, sendo o centro sul o maior contribuidor de área plantada, o correspondente a 7.977,9 mil hectares dos 9.004,5 na safra 2014/2015 (CONAB, 2015).

O Estado de São Paulo possui cerca de 4.686 mil hectares de área plantada, sendo ele o responsável por mais da metade de toda a área de cana-de-açúcar plantada no país inteiro (CONAB, 2015).

Em setembro de 2002 foi publicada no estado de São Paulo a Lei Nº 11.241, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas (CETESB, 2015).

Com isso, o corte mecanizado de cana-de-açúcar se intensificou, por ser uma modalidade que não precisa haver a queimada da palha de cana-de-açúcar para a realização de seu corte (CETESB, 2015).

Junto a este corte mecanizado, surgiu a preocupação com as vibrações mecânicas produzidas pela máquina em operação, sendo assim redobrou-se os olhares para estudar a vibração em máquinas agrícolas e seus impactos para os trabalhadores que as operam (MESSIAS, 2013).

Em agosto de 2014 o Ministério do Trabalho e Emprego revisou o anexo 8 da NR-15 e publica os limites de tolerâncias para a vibração mecânica de corpo inteiro e mãos e braços, que até então era remetido a ISO 2631 e ISO 5349, com essa alteração o risco que passava-se muitas vezes despercebido nos programas de prevenção de riscos ambientais (PPRA), começou a ser listado e quantificado. Esse movimento ficou muito forte devido a NR-15 estabelecer que todos os trabalhos que produzam vibração mecânica acima dos limites tolerados pela mesma, devem ser controlados, caso isso não seja tecnicamente possível, deverá ser pago o adicional de insalubridade de grau médio (BRASIL, 2014).

A exposição a vibração de corpo inteiro pode causar danos físicos permanentes ou distúrbios no sistema nervoso. A exposição diária a vibração de corpo inteiro poderá resultar em danos na região espinhal, podendo também afetar o sistema circulatório e/ou urológico e sistema nervoso central (MESSIAS, 2013).

Os sintomas de distúrbios aparecem frequentemente durante ou logo após a exposição, mas geralmente desaparecem após um período de descanso. Os principais sintomas aparecem sobre forma de fadiga, insônia, dor de cabeça e tremor (MESSIAS, 2013).

Para exposição sobre condições severas de vibração foram observados problemas na região dorsal e lombar, gastrointestinal, sistema reprodutivo, desordens no sistema visual, problemas nos discos intervertebrais e degeneração na coluna vertebral (MESSIAS, 2013).

Como a operação de colhedora de cana-de-açúcar exige uma postura sentada durante a maior parte da jornada do operador, já existe a preocupação com a postura do mesmo, que pode gerar problemas osteomusculares e a vibração acima dos limites toleráveis podem contribuir muito no desenvolvimento destas lesões por ter efeitos no sistema lombar, dorsal, intervertebral e até degeneração da coluna vertebral (MESSIAS, 2013).

A realização de avaliação quantitativa de vibração ocupacional no corte mecanizado de cana-de-açúcar é de extrema importância para determinar se há necessidade de implementação de medidas de controle para gerenciamento de risco. O risco de vibração não pode ser ignorado nem subestimado durante a realização dos levantamentos de risco para o PPRA, uma interpretação errônea do risco pode impactar na saúde do trabalhador (MESSIAS, 2013).

1.1. OBJETIVOS

Caracterizar os impactos dos níveis de vibração mecânica de corpo inteiro sentado produzidos no profissional que opera colhedoras de cana-de-açúcar nas áreas e empresas estudadas nesta monografia, comprovando a existência ou não de níveis de vibração acima do permitido pela legislação brasileira. Analisar as principais causas de estar exposto a vibração mecânica de corpo inteiro sentado

e verificar as possíveis melhorias a serem implementadas para o gerenciamento do risco no corte mecanizado de cana-de-açúcar.

1.2. JUSTIFICATIVA

Este trabalho foi escolhido pelo autor, devido ao mesmo ter grande experiência com avaliações de vibração ocupacional e práticas de higiene ocupacional. Cientificamente pode-se verificar que o trabalho realizado em níveis elevados de vibração mecânica de corpo inteiro sentado oferece riscos ao trabalhador, podendo levá-lo a problemas sérios na coluna vertebral entre outros órgãos do corpo humano. Portanto, comprehende-se que é de extrema importância estudar os impactos da vibração mecânica de corpo inteiro sentado no corte mecanizado de cana-de-açúcar para que os trabalhadores possam ter estes riscos gerenciados e assim a garantia da preservação de sua saúde no desenvolvimento de suas atividades.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A VIBRAÇÃO

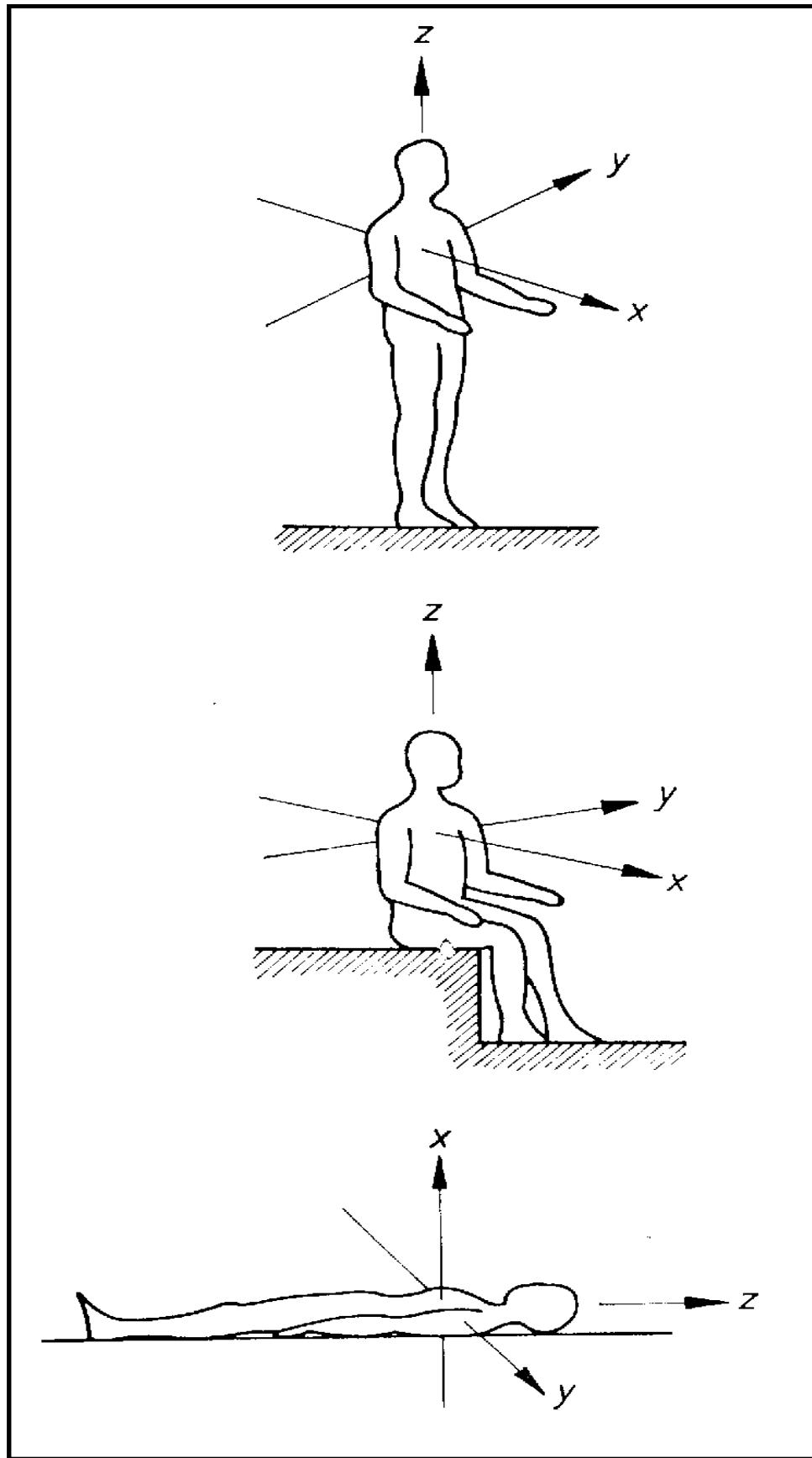
Segundo Saliba (2013), a definição de vibração é muito utilizado no meio ocupacional como um movimento oscilatório de um corpo por causa de forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. A vibração de um corpo descreve um movimento oscilatório e periódico, envolvendo deslocamento em um certo tempo. Para analisarmos a vibração, estão envolvidas as componentes de velocidade, aceleração e frequência.

Segundo a OIT (2002), uma outra definição pode ser utilizada de acordo com o citado na Convenção 148 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), vibração é toda a vibração transmitida ao corpo humano por estruturas sólidas e que seja nociva à saúde do trabalhador ou contenha qualquer outro perigo associado.

De acordo com Saliba (2013), as vibrações mecânicas para fins de higiene ocupacional estão divididas em vibração ocupacional de corpo inteiro, vibração ocupacional de mãos e braços e vibrações para fins de conforto. As vibrações de corpo inteiro são aquelas direcionadas ao corpo todo, geralmente por meio da superfície de suporte, tal como, pé, costas, nádegas, entre outras que servem como apoio para sustentar o corpo humano em uma determinada posição. As vibrações de mãos e braços são vibrações que atingem certa parte do corpo, principalmente os membros superiores. As vibrações para fins de conforto são aquelas que em certas atividades causam níveis de desconforto intoleráveis para uma determinada situação e em outras podem ser agradáveis, porém, neste estudo só abordaremos a vibração de corpo inteiro.

De acordo com USP (2014), para realizar as medições de vibrações de corpo inteiro, os acelerômetros devem seguir o posicionamento dos eixos nas direções x, y e z, conforme figura a seguir:

Figura 1: Direção da vibração



Fonte: USP (2014).

Segundo Saliba (2013), para determinação da existência ou não do risco vibração para fins ocupacionais precisamos estudar diversos fatores, sendo os principais deles a intensidade, a frequência, a direção da vibração, o tempo de exposição e o ciclo de trabalho.

2.2. INTENSIDADE DA VIBRAÇÃO

Segundo Saliba (2013), na higiene ocupacional a intensidade da vibração é determinada em aceleração expressa em m/s^2 ou pode ser representada também pelo nível de aceleração, expresso em decibel (dB). Para utilizar o nível de aceleração a equação para o cálculo está apresentada a seguir:

$$NA = 20 \log \frac{A}{A_0} \text{ dB}$$

Onde:

NA = Nível de Aceleração dB

A = Aceleração medida em m/s^2

A_0 = Valor de Aceleração de Referência igual a 10^{-6} m/s^2

Figura 2: Equivalência de aceleração para nível de aceleração

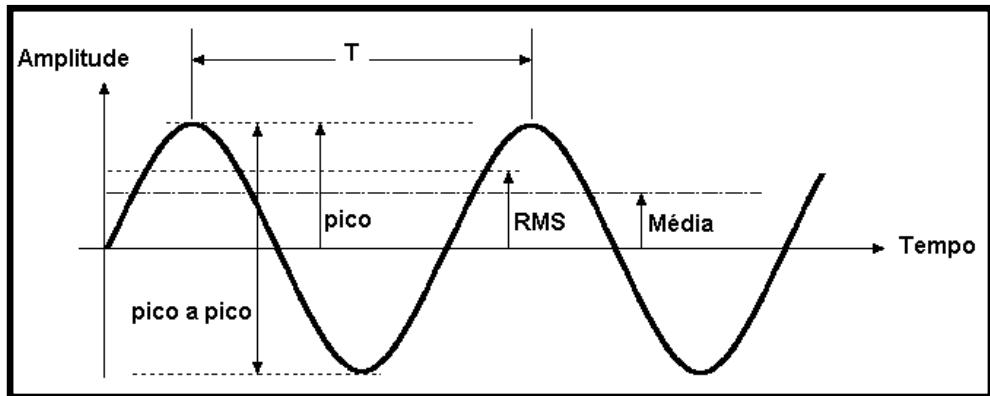
Aceleração em m/s^2	Nível de Aceleração em dB
0,1	100,0
0,5	114,0
1,0	120,0
1,1	120,8
2,0	126,0
5,0	134,0
10,0	140,0

Fonte: Adaptado de SALIBA (2013)

Conforme Saliba (2013), para relacionar a amplitude da vibração precisa é necessário entender o valor de pico, valor de pico a pico e o valor root mean square (r.m.s.), sendo o valor de pico a representação da aceleração máxima em um dado intervalo de tempo, o valor pico a pico representa a distância entre o

valor máximo e mínimo, o valor r.m.s. é o mais relevante pois representa a média da energia do movimento vibratório.

Figura 3: Principais parâmetros da amplitude de vibração



Autor: SALIBA (2013)

De acordo com Saliba (2013), a aceleração ponderada ou valor eficaz pode ser determinado através da seguinte equação:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt}$$

Sendo:

$a_w(t)$ = aceleração ponderada em m/s^2 no movimento vibratório (translacional) ou radianos por segundo ao quadrado (rad/s^2) no rotacional.

T = tempo de duração da medição, em segundos.

Segundo USP (2014), outra consideração que deve ser feita quanto a avaliação de vibração é o fator de crista, que é obtido através da razão do valor de pico pelo valor r.m.s., a significação disso está na determinação de picos significativos durante a medição. Quando o fator de crista for um valor elevado, significa a existência de picos significativos na medição, onde só o valor de r.m.s. não terá uma grande representatividade por ser a aceleração ponderada, ou seja, o valor de pico foi diluído no decorrer do tempo.

De acordo com a Fundacentro (2013), em 2013, foi publicada a NHO 09 que especifica os procedimentos técnicos para avaliação da exposição

ocupacional a vibração de corpo inteiro. Nela foram especificados todos os modelos de cálculos a serem aplicados para determinação da exposição a vibração, bem como os valores de referência toleráveis para exposição do trabalhador. A partir desta publicação, a avaliação da exposição a vibração ocupacional de corpo inteiro deverá ser feita utilizando-se de sistema de medição que permitam a determinação da aren (aceleração resultante de exposição normalizada) e do VDVR (Valor de Dose de Vibração Resultante).

Segundo a NHO 09 (2013, p.11) "Aceleração média na direção 'j' (amj), é a raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição expressa em m/s² na direção j [...]".

$$amj = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2 (t) dt \right\}^{1/2} \quad [m/s^2]$$

Onde:

t = tempo de duração

a_j = corresponde aos valores $ax(t)$, $ay(t)$ ou $az(t)$, em m/s², segundo os eixos ortogonais x, y e z, respectivamente, e $t_2 - t_1$ ao intervalo de medição.

Segundo a NHO 09 (2013, p.12) "Aceleração média resultante (amr), é a raiz quadrática da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais 'x', 'y' e 'z'[...]".

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (01)}$$

Onde:

am_j = aceleração média

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado, sendo $f_x = 1,4$, $f_y = 1,4$ e $f_z = 1,0$.

Aceleração resultante de exposição parcial (arep), é a aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa a componente "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 (NHO 09, 2013, p.12).

$$arep = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (02)}$$

Onde:

amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente "i";

s = número de amostras da componente a exposição "i" que foram mensuradas.

"Aceleração resultante de exposição (are), é a aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas componentes de exposição identificadas" (NHO 09, 2013, p.13).

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (03)}$$

Onde:

$arep_i$ = 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), é a aceleração resultante de exposição (are) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas" (NHO 09, 2013, p.13).

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (04)}$$

Onde:

are = aceleração resultante de exposição;

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

$T_0 = 8$ horas ou 480 minutos.

Segundo a NHO 09 (2013, p.15) "Valor de dose de vibração (VDV_j), é o valor obtido a partir do método de dose de vibração à quarta potência determinado na direção 'j', sendo 'j' correspondente aos eixos ortogonais 'x', 'y' e 'z', expresso em $m/s^{1,75}$ [...]".

$$VDV_{ji} = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (05)}$$

Onde:

$a_j(t)$ = aceleração instantânea ponderada em frequência;

t = tempo de duração da medição.

Segundo NHO (2013, p.15) "Valor da dose de vibração (VDV_{ij}), é o valor de dose de vibração determinado na direção 'j', relativo a 's' amostras da componente de exposição 'i' que foram mensuradas".

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{jik})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (06)}$$

Onde:

VDV_{jik} = valor de dose de vibração relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição "i" ;

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

Segundo a NHO 09 (2013, p.15) "Valor de dose de vibração da exposição parcial ($VDV_{exp,ji}$), é o valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária no eixo "j", relativo a componente de exposição 'i'[...]".

$$VDV_{exp,ji} = f_j \cdot VDV_{ji} \cdot \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (07)}$$

Onde:

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:

$$T_{amos} = \sum_{k=1}^s T_k \quad \text{Eq. (08)}$$

Onde:

T_k = tempo de medição relativo à késima 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, sendo f_x = 1,4, f_y = 1,4 e f_z = 1,0.

“Valor da dose de vibração da exposição (VDV exp_j), é o valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária em cada eixo de medição[...]. (NHO 09, 2013, p.16).

$$VDV \exp_j = \left[\sum_{i=1}^m (VDV \exp_{ji})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (09)}$$

Onde:

VDV_{exp_{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 diária.

"Valor da dose de vibração resultante (VDVR), é o valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos de medição[...]" (NHO 09, 2013, p.17).

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV_{exp_j})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1.75}] \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

VDV_{exp_j} = valor da dose de vibração da exposição, representativo da exposição ocupacional diária no eixo "j", sendo "j" igual a "x", "y" ou "z".

Para determinação do aren e do VDVR primeiramente precisa obter a aceleração na direção "x", "y" e "z" que é fornecida pelo equipamento de medição denominado Medidor de Vibração. Após pegar os dados fornecidos pelo equipamento, é necessário a realização dos cálculos. Existe medidores de vibração que possuem softwares para a realização desses cálculos e disponibilizam os resultados de aren e VDVR, quando fornecido pelo usuário alguns parâmetros como tempo de exposição, local da medição, tipo de medição, entre outros.

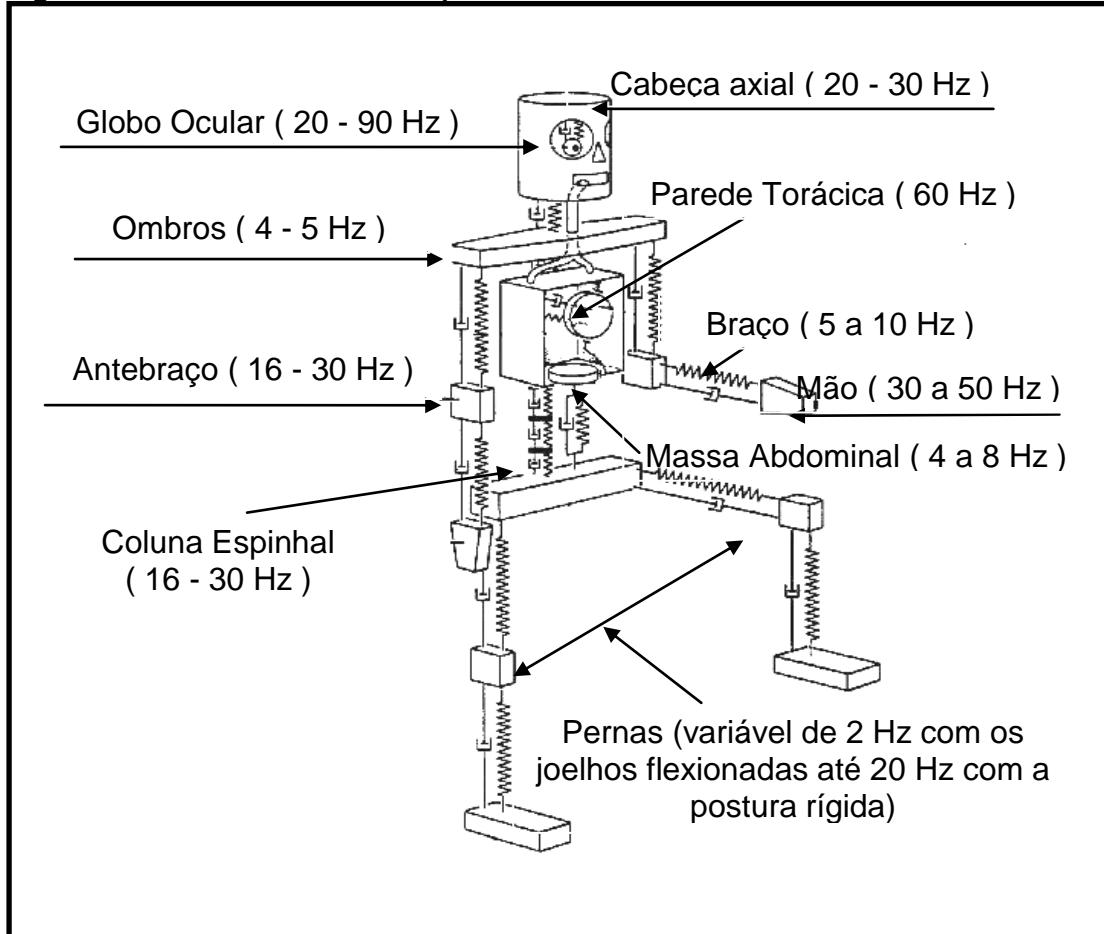
2.3. FREQUÊNCIA

Segundo Saliba (2013) a frequência (f) é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório e, geralmente é expressa em hertz (Hz). A vibração é um movimento inerente aos corpos que possuem massa e elasticidade, ou seja, o corpo humano vibra naturalmente, se algum corpo é excitado na mesma frequência de sua vibração natural, ocorre a chamada ressonância, que implica na amplificação do movimento. A vibração externa incidida no corpo humano é absorvida pelos tecidos e órgãos devido a sua elasticidade.

Segundo USP (2014) o corpo humano possui diferentes frequências de vibração natural de acordo com a região do corpo, sendo que os efeitos da vibração dependem da frequência e do local afetado, além de outros fatores

menos relevantes. A seguir será apresentado um modelo simplificado do corpo humano com as frequências de ressonâncias por região do corpo.

Figura 4: Modelo mecânico do corpo humano.



Fonte: Adaptado de USP (2014).

2.4. CICLO DE TRABALHO

Segundo Saliba (2013), os ciclos de trabalho são tarefas realizadas em um determinado tempo, para este estudo, com exposição a vibração. Em uma tarefa pode haver diferentes tipos de exposição, como exemplo a tarefa de transporte de cana-de-açúcar com caminhão, no primeiro ciclo de trabalho o caminhão está transportando a carga de cana-de-açúcar, ou seja, o caminhão está carregado, este ciclo se iniciará do ponto de origem até sua parada para descarga, depois vai existir um outro ciclo de trabalho que é quando o caminhão retorna para buscar nova carga, neste caso o caminhão está vazio e a exposição é diferente da

primeira situação, então temos que considerar dois ciclos diferentes na mesma tarefa de transportar cana-de-açúcar.

2.5. EFEITOS A SAÚDE DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

Segundo USP (2014), os possíveis efeitos causados pela exposição a vibração de corpo inteiro, acima dos limites aceitáveis, de forma habitual e permanente, são danos na região espinhal, podendo afetar o sistema circulatório, sistema urológico ou sistema nervoso central. Alguns sintomas de exposição a vibração aparecem logo após o período de exposição, sob forma de fadiga, dores de cabeça, insônia ou tremores, porém algum tempo após cessar a exposição esses sintomas vão desaparecendo. A exposição a vibração severa pode ocasionar problemas na região dorsal e lombar, no sistema gastrointestinal, no sistema reprodutivo, desordens no sistema visual, problemas nos discos intervertebrais ou degeneração na coluna vertebral.

Segundo USP (2014), existe uma preocupação muito grande quando os valores de intensidade de vibração estão superiores a 10 m/s^2 , pois podem trazer danos graves a saúde, e valores de vibração superiores a 100 m/s^2 podem trazer danos internos como sangramentos ou hemorragias.

2.6. LEGISLAÇÃO

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) em seu artigo sétimo, alínea vigésima terceira, determina que é direito do trabalhador receber adicional de remuneração para condições de insalubridade, perigosas ou penosas, na forma da lei.

A Consolidação das Leis Trabalhistas (BRASIL, 1942), em seu artigo 189, determina que serão consideradas atividades ou operações insalubres as condições ou métodos de trabalhos que exponham os trabalhadores a agentes nocivos para sua saúde, cuja intensidade ou concentração estão acima dos limites toleráveis. No artigo 190, a CLT remete que o Ministério do Trabalho aprovará o quadro de atividades e operações insalubres e adotará normas sobre

os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do empregado a esses agentes.

O Ministério do Trabalho e Emprego publicou através da portaria 3.214 de 1978, as normas regulamentadoras, sendo a norma regulamentadora nº 15 que trata-se de atividades e operações insalubres. Segundo a NR-15 (BRASIL, 2014) em seu anexo 8, que foi revisado em agosto de 2014 e passou a determinar os limites toleráveis para exposição a vibração ocupacional, sendo os de corpo inteiro de $1,1 \text{ m/s}^2$ para a aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e de $21,0 \text{ m/s}^{1,75}$ para o valor de dose de vibração resultante (VDVR), sendo que se for excedido qualquer um dos valores (aren) ou (VDVR) será considerado como atividade insalubre. Neste anexo também foi estabelecido que os procedimentos técnicos para a avaliação quantitativa das vibrações são os estabelecidos nas normas de higiene ocupacional da Fundacentro.

Segundo NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013), norma de higiene ocupacional nº 09, da Fundacentro, determina os procedimentos técnicos para a avaliação de vibração ocupacional de corpo inteiro que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, entre os quais aqueles relacionados à coluna vertebral.

Segundo a NR-09 (BRASIL, 2014), o Ministério do Trabalho e Emprego publicou através da portaria 3.214 de 1978, as normas regulamentadoras, sendo que a norma regulamentadora nº 09 trata do programa de prevenção de riscos ambientais. O anexo 1, da NR-09, foi criado em agosto de 2014 e passou a determinar os critérios para prevenção de doenças e distúrbios decorrentes da exposição ocupacional as vibrações de corpo inteiro - VCI, no âmbito do programa de prevenção de riscos ambientais. Os valores a serem considerados como níveis de ação para exposição a vibração ocupacional de corpo inteiro é de $0,5 \text{ m/s}^2$ para a aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e de $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$ para o valor de dose de vibração resultante (VDVR), este anexo também determina que os limites de tolerância para exposição a vibração ocupacional são os mesmos do anexo 8 da NR-15. O anexo 1 da NR-09, determina que quando for encontrado valores de intensidade de vibração de corpo inteiro superiores ao nível de ação implicam obrigatoriedade adoção de medidas de caráter preventivo e

quando forem encontrados de intensidade de vibração de corpo inteiro superiores ao limite de exposição ocupacional, implicam obrigatória adoção de medidas de caráter corretivo. As medidas de caráter preventivo são: Avaliação periódica da exposição; Orientação dos trabalhadores quanto aos riscos decorrentes da exposição a vibração e a utilização adequada dos equipamentos de trabalho, bem como quanto ao direito de comunicar aos seus superiores sobre níveis anormais de vibração observados durante suas atividades; Vigilância da saúde dos trabalhadores focada nos efeitos da exposição a vibração; Adoção de procedimentos e métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas. As medidas de caráter corretivo, devem contemplar, no mínimo, uma das medidas a seguir, obedecida a hierarquia prevista na NR9: a) No caso de exposição às VMB, modificação do processo ou da operação de trabalho, podendo envolver: a substituição de ferramentas e acessórios; a reformulação ou a reorganização de bancadas e postos de trabalho; a alteração das rotinas ou dos procedimentos de trabalho; a adequação do tipo de ferramenta, do acessório utilizado e das velocidades operacionais; b) No caso de exposição às VCI, modificação do processo ou da operação de trabalho, podendo envolver: o reprojeto de plataformas de trabalho; a reformulação, a reorganização ou a alteração das rotinas ou dos procedimentos e organização do trabalho; a adequação de veículos utilizados, especialmente pela adoção de assentos antivibratórios; a melhoria das condições e das características dos pisos e pavimentos utilizados para circulação das máquinas e dos veículos; c) Redução do tempo e da intensidade de exposição diária a vibração; d) Alternância de atividades ou operações que gerem exposições a níveis mais elevados de vibração com outras que não apresentem exposições ou impliquem exposições a menores níveis.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As mensurações da intensidade de vibração de que trata este trabalho, foram realizadas em empresas de corte mecanizado de cana-de-açúcar. As empresas avaliadas estão todas localizadas no estado de São Paulo, sendo que os tipos de solo nos locais da avaliação eram do tipo latossolo roxo (terra roxa), solo arenoso e solo misto.

Por confidencialidade das empresas e por respeitar as condutas éticas na condução da pesquisa, não será divulgado o nome dos estabelecimentos, nem informações confidenciais que venham comprometer os estabelecimentos, bem como seus funcionários.

Para elaboração desta pesquisa foram utilizados os critérios de avaliação de vibração ocupacional de corpo inteiro determinados pela NHO-09, observando as seguintes etapas:

- Verificação dos locais e das condições de trabalho;
- Análise preliminar da exposição;
- Horário e duração das medições das vibração de corpo inteiro;
- Coleta de informações do tipo de solo, modelo da máquina, tempo de uso da máquina, plano de manutenção da máquina e da exposição dos trabalhadores;
- Medição da vibração de corpo inteiro sentado de acordo com os ciclos de trabalho e as medidas de controle já existentes;
- Cálculo dos valores de aren e VDVR de acordo com o tempo de exposição de cada operação;
- Análise dos resultados de acordo com a variáveis de operação;
- Interpretação e apresentação dos resultados.

3.1. METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica em livros, normas, leis, artigos periódicos e materiais disponibilizados na internet para melhor compreensão do assunto.

3.1.1. Do estudo

A metodologia do estudo de caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa para alguns dados da pesquisa e quantitativa para avaliar a intensidade da exposição ocupacional a vibração de corpo inteiro sentado, sendo esta metodologia frequentemente utilizada para coleta de dados na área de estudos organizacionais.

Esta pesquisa tratou-se de um estudo voltado à verificação do impacto da vibração de corpo inteiro no corte mecanizado de cana-de-açúcar. O estudo foi limitado a região do médio Tietê onde predomina o solo de terra roxa, solo arenoso e solo misto. Foram feitas medições num grupo de máquinas operando nos diferentes tipos de solos. Se fossemos classificar esta atividade em grupo similar de exposição (GSE) todos os avaliados pertenceriam a um mesmo GSE, devido a maioria dos operadores desenvolverem suas atividades nos três tipos de solos durante o período de safra. Portanto, para o gerenciamento do risco desta função deveremos considerar todos os valores encontrados para adequar a melhor medida de controle para cada situação.

3.1.2. População analisada

Este estudo restringiu-se a analisar a exposição a vibração ocupacional de corpo inteiro de 10 colhedoras de cana-de-açúcar, dos modelos john deere 3510, 3520 e 3522, todos os modelos analisados eram movidos por esteiras metálicas. O estudo visou observar a intensidade de vibração ocupacional de corpo inteiro na posição sentado que incidia sobre o operador durante o corte da cana-de-açúcar, levando em consideração que as atividades podem ser realizadas em diversos locais onde os solos se diferenciam no sentido de sua compactação.

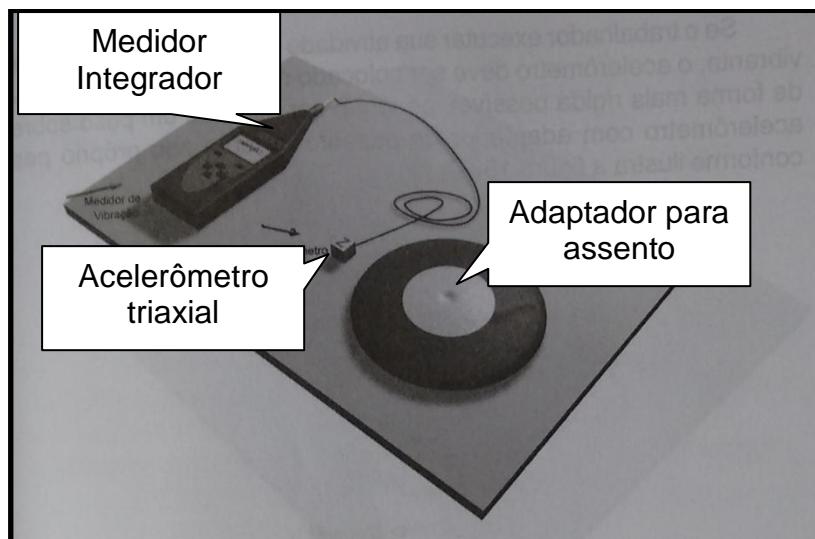
3.2. MATERIAIS DA PESQUISA

3.2.1. Medidor de vibração ou dosímetro de vibração

Os equipamentos utilizados para medir a intensidade de vibração ocupacional são chamados de medidor de vibração ou dosímetro de vibração. Estes são compostos por acelerômetro triaxial, que permite captar as acelerações nos eixos x, y e z, cabo de ligação e medidor integrador. O acelerômetro é montado em adaptadores de acordo com o tipo de vibração a ser avaliada, sendo este corpo inteiro ou mãos e braços (membros superiores) e tem como função captar o movimento vibratório, transformando-o em grandeza mensurável, sendo que o acelerômetro capta o movimento vibratório e transmite o sinal. O cabo tem como função levar o sinal gerado do acelerômetro até o medidor integrador. O medidor integrador tem a função de receber os dados captados pelo acelerômetro, processá-los e armazená-los. Podemos destacar também que os medidores modernos possuem software de computadores para processamento e manuseio dos dados (SALIBA, 2013).

Os acelerômetros para medir vibração de corpo inteiro são montados em adaptadores para facilitar as avaliações de modo que as pessoas avaliadas não fiquem tão incomodadas com a presença do acelerômetro e isso possa prejudicar a medição. Para a medição de corpo inteiro, o acelerômetro é montado em um adaptador de assento conforme ilustração a seguir (SALIBA, 2013).

Figura 5: Modelo de medidor de vibração



Fonte: Adaptado de SALIBA (2013).

Neste estudo foi utilizado o medidor de vibração "Vib", da marca 01 dB, que possui tratamento do sinal e a transferência de dados armazenados dos níveis de vibração nos eixos x, y e z e dose diária de exposição, possui gravação de sinal e espectro em 1/3 de oitava, sensor de presença e alarme para corpo inteiro e bateria com autonomia de 16 horas. Este medidor vem acompanhado com um software chamado "dBMAESTRO" que faz a transferência, análise e emissão dos resultados das medições. Esse software está em conformidade com as normas ISO 5349, ISO 2631 e ISO 8041, indica a vibração conforme NHO 09 e 10 da Fundacentro, Diretiva Europeia e ACGIH. Realiza a transferência de dados através de "Bluetooth" ou "USB" 2.0. Gera resultados automáticos de aren, fator de crista, VDVR, entre outros.

Figura 6: Medidor de vibração utilizado



Fonte: Acoem (2015).

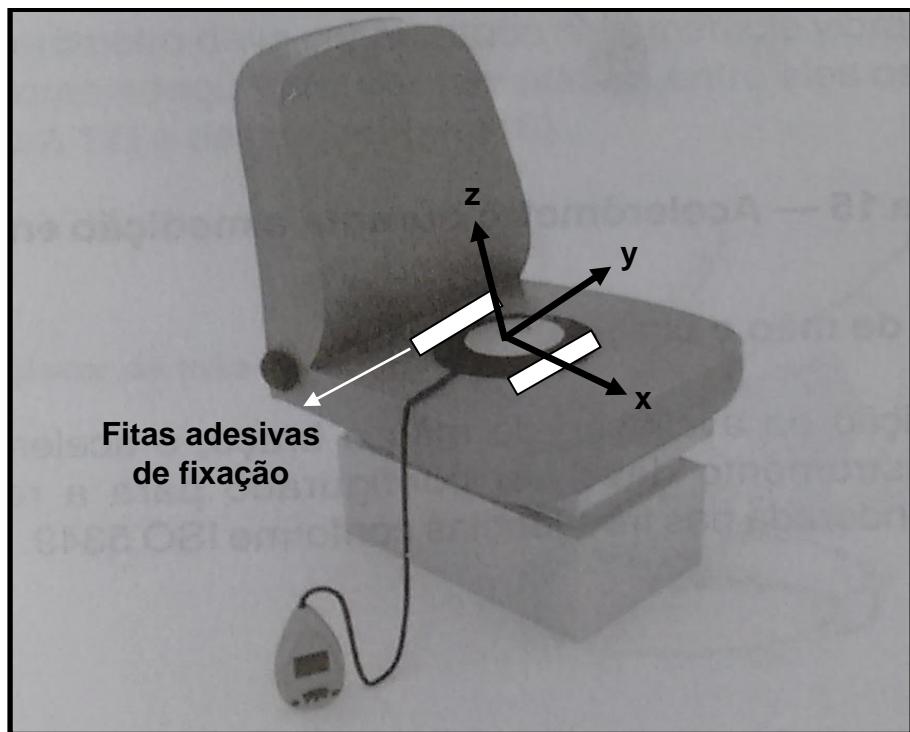
3.2.2. Posicionamento do medidor de vibração

Para fazer a avaliação de vibração ocupacional de corpo inteiro na posição sentado, o local indicado para a colocação do suporte com o acelerômetro triaxial é no centro do assento onde o operador da colhedora de cana-de-açúcar ficará sentado. Os posicionamentos do suporte do acelerômetro devem seguir as direções ortogonais dos eixos x, y e z, conforme ilustração a seguir, sendo o eixo x aquele que faz o movimento na direção para frente e para trás (sentido peito ou costas), o eixo y é aquele que faz a movimento para a direção lateral (sentido

ombro direito ou ombro esquerdo) e o eixo z é aquele que faz os movimentos para cima e para baixo (sentido cabeça ou nádegas).

A NHO 09 recomenda a fixação do suporte do acelerômetro triaxial no assento com fitas adesivas para evitar deslizamento do prato sobre o assento.

Figura 7 – Instalação do suporte do acelerômetro (prato).



Fonte: Adaptada de Saliba (2013).

3.2.3. Procedimento

Foi realizado o estudo dos ciclos de trabalho com exposição a vibração, sendo utilizado o ciclo de maior representatividade referente a duração, analisou-se visualmente o tipo de solo que está sendo realizada a operação, foi feito a configuração do equipamento para medição de corpo inteiro, fixou-se o prato no centro do assento com fitas adesivas de acordo com a direções ortogonais dos eixos x, y e z, foi orientado o operador para fazer sua operação normal sem nenhuma inibição ou alteração do trabalho só porque o equipamento estava instalado, também foi informado o objetivo da pesquisa e feito uma breve explicação sobre o estudo realizado. Após isso, foi ligado o equipamento iniciando a operação e a medição da exposição ocupacional a vibração de corpo inteiro na

posição sentado no ciclo de trabalho. As medições foram realizadas de acordo com o ciclo de trabalho e a exposição a vibração. Após finalizada as medições, foi computado a quantidade de ciclos que o operador da máquina realizava durante a operação para depois ser calculado a aceleração resultante normalizada e o valor de dose de vibração resultante.

Através dos valores encontrados, foram realizados todos os cálculos de vibração para exposição a vibração ocupacional de corpo inteiro na posição sentado de acordo com as equações definidas pela NHO-09 da Fundacentro e posteriormente, após chegar aos resultados do aren e do VDVR, foram comparados com os limites de tolerância e os níveis de ação da NR-15, anexo 8 e NR-09, anexo 01.

3.2.4. Parâmetros do aparelho de medição

Os parâmetros do aparelho de medição foram configurados de acordo com os itens 3.2.4.1, 3.2.4.2 e 3.2.4.3.

3.2.4.1. Circuitos de ponderação para corpo inteiro

Os circuitos de ponderação foram ajustados de forma a atender os parâmetros determinados na NHO-09 sendo estes:

- Wk para o eixo “z”;
- Wd para os eixos “x” e “y”.

3.2.4.2. Fator de multiplicação “f_i” em função do eixo considerado

Os fatores de multiplicação em função do eixo considerado foram ajustados de forma a atender os parâmetros determinados na NHO-09 sendo estes:

- $f_x = 1,4$;
- $f_y = 1,4$;
- $f_z = 1,0$.

3.2.4.3. Unidade da medição

As medições foram realizadas em rms (*root mean square*), que vem do inglês e significa a raiz do valor quadrático médio ou valor eficaz.

3.2.5. Cálculos

3.2.5.1. Etapas para o cálculo do aren

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (01)}$$

Onde:

amr = aceleração média resultante;

am_j = aceleração média;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado, sendo f_x = 1,4, f_y = 1,4 e f_z = 1,0.

$$arep = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (02)}$$

Onde:

arep = aceleração resultante de exposição parcial;

amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente "i";

s = número de amostras da componente a exposição "i" que foram mensuradas.

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (03)}$$

Onde:

are = aceleração resultante de exposição;

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.

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2] \quad \text{Eq. (04)}$$

Onde:

aren = aceleração resultante de exposição normalizada;

are = aceleração resultante de exposição;

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

$T_0 = 8$ horas ou 480 minutos.

3.2.5.2. Etapas para o cálculo do VDVR:

$$VDV_{ji} = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (05)}$$

Onde:

VDV_{ji} = valor de dose de vibração;

$a_j(t)$ = aceleração instantânea ponderada em frequência;

t = tempo de duração da medição.

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{jik})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (06)}$$

Onde:

VDV_{ij} = valor de dose de vibração

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

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

$$VDV_{exp,ji} = f_j \cdot VDV_{ji} \cdot \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4} \quad [m/s^{1,75}] \quad \text{Eq. (07)}$$

Onde:

$VDV_{exp,ji}$ = valor de dose de vibração da exposição parcial;

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

T_{exp} = tempo total de exposição a 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;

$$T_{\text{amos}} = \sum_{k=1}^s T_k \quad \text{Eq. (08)}$$

T_{amos} = tempo total utilizado para a medição das “s” amostras representativas da componente de exposição “i”;

T_k = tempo de medição relativo à késima 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, sendo f_x = 1,4, f_y = 1,4 e f_z = 1,0.

$$VDV \exp_j = \left[\sum_{i=1}^m (VDV \exp_{ji})^4 \right]^{1/4} \quad [\text{m/s}^{1,75}] \quad \text{Eq. (09)}$$

Onde:

VDV \exp_j = valor da dose de vibração da exposição;

VDV_{exp_{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 diária.

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV \exp_j)^4 \right]^{1/4} \quad [\text{m/s}^{1,75}] \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

VDVR = valor da dose de vibração resultante;

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

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADOS

As medições foram feitas em 10 máquinas, que realizavam o corte mecanizado de cana-de-açúcar em solos arenoso, misto e latossolo roxo (terra roxa). Com o intuito de não revelar dados confidenciais, as medições serão enumeradas de 01 a 10.

4.1.1. Valores - Medição 01

Colhedora JOHN DEERE mod. 3520 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 16/12/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 30;

Tempo de exposição por ciclo: 00h12min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: Misto / 1 ano.

Figura 8: Resultado do medidor de vibração da medição 01

Arquivo	COLHEDORA JOHN DEERE 3520 FR: 519.C...					
Localização						
Início	16/12/15 16:43:02					
Fim	16/12/15 16:55:01					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
aw (ponderação WB)						
Máquina		X	Y	Z	Max A(8)	aren
Eixo		Wd	Wd	Wk		Exposição
Ponderação		1,4	1,4	1		
Coeficiente						
Nível (m/s ²)		0,23	0,28	0,48		
Corrigido (m/s ²)		0,32	0,39	0,48	0,48	0,60
Nível de alerta (m/s ²)						6h
Nível limite (m/s ²)						0,50
						4h12m25s
						1,10
						20h21m45s
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						
VDV						
Máquina		X	Y	Z	VDVR	Exposição
Eixo		Wd	Wd	Wk		
Ponderação		1,4	1,4	1		
Coeficiente						
Dose VDV (m/s 1.75)		1,88	2,07	3,32		
Corrigido (m/s 1.75)		2,64	2,89	3,32	9,21	6h
Nível de alerta (m/s 1.75)					9,10	5h42m53s
Nível limite (m/s 1.75)					21,00	6d18h 4m37s
O nível VDVR é superior ao nível de alerta						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 9 - Memorial de cálculo - aren, medição 01.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,23)^2 + (1,4 \times 0,28)^2 + (1,0 \times 0,48)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 30 \times 0,6984^2 \times 12}$
$amr = 0,6984 \text{ m/s}^2$	$are = 0,605 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 0,6984$	$aren = 0,605 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 0,6984 \text{ m/s}^2$	$aren = 0,60 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 10 - Memorial de cálculo - VDVR, medição 01.

Equação 07 - VDV_x	
$VDV_x = 1,4 \times 1,88 \times \left(\frac{360}{12} \right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_x = 6,16 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_y	
$VDV_y = 1,4 \times 2,07 \times \left(\frac{360}{12} \right)^{\frac{1}{4}}$	Equação 10
$VDV_y = 6,48 \text{ m/s}^{1,75}$	$VDVR = \left((6,16^4 + 6,48^4 + 7,77^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
Equação 07 – VDV_z	
$VDV_z = 1,0 \times 3,32 \times \left(\frac{360}{12} \right)^{\frac{1}{4}}$	$VDVR = 9,21 \text{ m/s}^{1,75}$
$VDV_z = 7,77 \text{ m/s}^{1,75}$	

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.1.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,60 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 9,21 m/s1,75

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s1,75

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s1,75

Nesta primeira avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram acima do nível de ação e abaixo do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.2. Valores - Medição 02

Colhedora JOHN DEERE mod. 3510 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 12/11/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 24;

Tempo de exposição por ciclo: 00h15min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: latossolo roxo (terra roxa) / 5 anos.

Figura 11: Resultado do medidor de vibração medição 02

Arquivo	Colhedora John Deere 3510.BID.cmg					
Localização						
Início	12/11/15 08:48:08					
Fim	12/11/15 08:53:33					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
Tipo		aw (ponderação WB)				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1,4	1,4	1			
Nível (m/s ²)	5,39	5,16	3,16			
Corrigido (m/s ²)	7,54	7,23	3,16	7,54	10,91	8h
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	1m
Nível limite (m/s ²)					1,10	4m52s
O nível de exposição aren é superior ao nível limite						
Tipo		VDV				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	VDVR	Exposição	
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1,4	1,4	1			
Dose VDV (m/s 1.75)	117,57	112,60	94,84			
Corrigido (m/s 1.75)	164,60	157,64	94,84	596,89	8h	
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10	0s	
Nível limite (m/s 1.75)				21,00	0s	
O nível VDVR é superior ao nível limite						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).**Figura 12: Memorial de cálculo - aren, medição 02.**

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 5,39)^2 + (1,4 \times 5,16)^2 + (1,0 \times 3,16)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 24 \times 10,91^2 \times 15}$
$amr = 10,91 \text{ m/s}^2$	$are = 9,45 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 10,91$	$aren = 9,45 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 10,91 \text{ m/s}^2$	$aren = 9,45 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 13: Memorial de cálculo - VDVR, medição 02.

Equação 07 - VDV_x $VDV_x = 1,4 \times 117,57 \times \left(\frac{360}{15} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_x = 364,32 \text{ m/s}^{1,75}$	Equação 07 – VDV_y $VDV_y = 1,4 \times 112,60 \times \left(\frac{360}{15} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_y = 348,91 \text{ m/s}^{1,75}$	Equação 10 $VDVR = \left((364,32^4 + 348,91^4 + 209,92^4) \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDVR = 430,60 \text{ m/s}^{1,75}$
Equação 07 – VDV_z $VDV_z = 1,0 \times 94,84 \times \left(\frac{360}{15} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_z = 209,92 \text{ m/s}^{1,75}$		

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.2.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 9,45 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 430,60 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta segunda avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram acima do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas corretivas e preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.3. Valores - Medição 03

Colhedora JOHN DEERE mod. 3510 – vibração corpo inteiro sentado;
 Data da avaliação: 12/11/2015;
 Função: operador agrícola – colhedora de cana;
 Jornada diária: 08h00min;
 Número de ciclos da atividade: 40;
 Tempo de exposição por ciclo: 00h09min;
 Tipo do solo / tempo de uso da máquina: latossolo roxo (terra roxa) / 3 anos.

Figura 14: Resultado do medidor de vibração medição 03

Arquivo	Colhedora John Deere 3510_2.BID.cmg					
Localização						
Início	12/11/15 14:03:12					
Fim	12/11/15 14:12:34					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
Tipo		aw (ponderação WB)				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1.4	1.4	1			
Nível (m/s ²)	0,28	0,35	1,38			
Corrigido (m/s ²)	0,40	0,48	1,38	1,38	1,51	8h
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	52m19s
Nível limite (m/s ²)					1,10	4h13m13s
O nível de exposição aren é superior ao nível limite						
Tipo		VDV				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	VDVR	Exposição	
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1.4	1.4	1			
Dose VDV (m/s 1.75)	1,90	2,36	9,23			
Corrigido (m/s 1.75)	2,67	3,31	9,23	24,84	8h	
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10	8m39s	
Nível limite (m/s 1.75)				21,00	4h 5m21s	
O nível VDVR é superior ao nível limite						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 15: Memorial de cálculo - aren, medição 03.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,28)^2 + (1,4 \times 0,35)^2 + (1,0 \times 1,38)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 40 \times 1,52^2 \times 9}$
$amr = 1,52 \text{ m/s}^2$	$are = 1,31 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 1,52$	$aren = 1,31 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 1,52 \text{ m/s}^2$	$aren = 1,31 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 16: Memorial de cálculo - VDVR, medição 03.

Equação 07 - VDV_x	
$VDV_x = 1,4 \times 1,90 \times \left(\frac{360}{09}\right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_x = 6,69 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_y	
$VDV_y = 1,4 \times 2,36 \times \left(\frac{360}{09}\right)^{\frac{1}{4}}$	Equação 10
$VDV_y = 8,31 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_z	
$VDV_z = 1,0 \times 9,23 \times \left(\frac{360}{09}\right)^{\frac{1}{4}}$	$VDVR = \left((6,69^4 + 8,31^4 + 23,21^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
$VDV_z = 23,21 \text{ m/s}^{1,75}$	$VDVR = 23,35 \text{ m/s}^{1,75}$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.3.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 1,31 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 23,35 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta terceira avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram acima do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas corretivas e preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.4. Valores - Medição 04

Colhedora JOHN DEERE mod. 3510 – vibração corpo inteiro sentado

Data da avaliação: 12/11/2015

Função: operador agrícola – colhedora de cana

Jornada diária: 08h00min

Número de ciclos da atividade: 36

Tempo de exposição por ciclo: 00h10min

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: misto / 3 anos.

Figura 17: Resultado do medidor de vibração medição 04

Arquivo	Colhedora John Deere 3510_3.BID.cmg					
Localização						
Início	12/11/15 14:13:55					
Fim	12/11/15 14:22:22					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
Tipo		aw (ponderação WB)				
Máquina		X	Y	Z	Max A(8)	aren
Eixo		Wd	Wd	Wk		Exposição
Ponderação		1.4	1.4	1		
Coeficiente						
Nível (m/s ²)		0,25	0,34	0,79		
Corrigido (m/s ²)		0,35	0,48	0,79	0,79	0,99 8h
Nível de alerta (m/s ²)						0,50 2h 2m51s
Nível limite (m/s ²)						1,10 9h54m39s
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						
Tipo		VDV				
Máquina		X	Y	Z	VDVR	Exposição
Eixo		Wd	Wd	Wk		
Ponderação		1.4	1.4	1		
Coeficiente						
Dose VDV (m/s 1.75)		1,76	2,19	5,69		
Corrigido (m/s 1.75)		2,47	3,07	5,69	16,07	8h
Nível de alerta (m/s 1.75)					9,10	49m20s
Nível limite (m/s 1.75)					21,00	23h19m22s
O nível VDVR é superior ao nível de alerta						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 18: Memorial de cálculo - aren, medição 04.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,25)^2 + (1,4 \times 0,34)^2 + (1,0 \times 0,79)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 36 \times 0,99^2 \times 10}$
$amr = 0,99 \text{ m/s}^2$	$are = 0,85 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 0,99$	$aren = 0,85 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 0,99 \text{ m/s}^2$	$aren = 0,85 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 19: Memorial de cálculo - VDVR, medição 04.

<p>Equação 07 - VDV_x</p> $VDV_x = 1,4 \times 1,76 \times \left(\frac{360}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_x = 6,04 \text{ m/s}^{1,75}$	<p>Equação 07 – VDV_y</p> $VDV_y = 1,4 \times 2,19 \times \left(\frac{360}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_y = 7,51 \text{ m/s}^{1,75}$	<p>Equação 10</p> $VDVR = \left((6,04^4 + 7,51^4 + 13,94^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
<p>Equação 07 – VDV_z</p> $VDV_z = 1,0 \times 5,69 \times \left(\frac{360}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_z = 13,94 \text{ m/s}^{1,75}$		$VDVR = 14,34 \text{ m/s}^{1,75}$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.4.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,85 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 14,34 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta quarta avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram acima do nível de ação e abaixo do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.5. Valores - Medição 05

Colhedora JOHN DEERE mod. 3520 – vibração corpo inteiro sentado;
 Data da avaliação: 12/11/2015;
 Função: operador agrícola – colhedora de cana;
 Jornada diária: 08h00min;
 Número de ciclos da atividade: 40;
 Tempo de exposição por ciclo: 00h09min;
 Tipo do solo / tempo de uso da máquina: latossolo roxo (terra roxa) / 3 anos.

Figura 20: Resultado do medidor de vibração medição 05

Arquivo	Colhedora John Deere 3520.BID.cmg					
Localização						
Início	12/11/15 14:30:08					
Fim	12/11/15 14:39:21					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
Tipo		aw (ponderação WB)				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1.4	1.4	1			
Nível (m/s ²)	0,25	0,29	1,38			
Corrigido (m/s ²)	0,35	0,41	1,38	1,38	1,48	8h
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	54m56s
Nível limite (m/s ²)					1,10	4h25m54s
O nível de exposição aren é superior ao nível limite						
Tipo		VDV				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	VDVR	Exposição	
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1.4	1.4	1			
Dose VDV (m/s 1.75)	1,73	1,93	8,56			
Corrigido (m/s 1.75)	2,42	2,70	8,56	23,08	8h	
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10	11m35s	
Nível limite (m/s 1.75)				21,00	5h28m46s	
O nível VDVR é superior ao nível limite						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 21: Memorial de cálculo - aren, medição 04.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,25)^2 + (1,4 \times 0,29)^2 + (1,0 \times 1,38)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 40 \times 1,48^2 \times 09}$
$amr = 1,48 \text{ m/s}^2$	$are = 1,28 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 1,48$	$aren = 1,28 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 1,48 \text{ m/s}^2$	$aren = 1,28 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 22: Memorial de cálculo - VDVR, medição 04.

Equação 07 - VDV_x	
$VDV_x = 1,4 \times 1,73 \times \left(\frac{360}{09}\right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_x = 6,09 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_y	Equação 10
$VDV_y = 1,4 \times 1,93 \times \left(\frac{360}{09}\right)^{\frac{1}{4}}$	$VDVR = \left((6,09^4 + 6,80^4 + 21,53^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
$VDV_y = 6,80 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_z	$VDVR = 21,61 \text{ m/s}^{1,75}$
$VDV_z = 1,0 \times 8,56 \times \left(\frac{360}{09}\right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_z = 21,53 \text{ m/s}^{1,75}$	

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.5.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 1,28 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 21,61 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta quinta avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram acima do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas corretivas e preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.6. Valores - Medição 06

Colhedora JOHN DEERE mod. 3520 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 12/11/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 45;

Tempo de exposição por ciclo: 00h08min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: misto / 3 anos.

Figura 23: Resultado do medidor de vibração medição 06

Arquivo	Colhedora John Deere 3520_2.BID.cmg					
Localização						
Início	12/11/15 14:40:38					
Fim	12/11/15 14:46:00					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
Tipo		aw (ponderação WB)				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1.4	1.4	1			
Nível (m/s ²)	0,25	0,33	0,79			
Corrigido (m/s ²)	0,35	0,46	0,79	0,79	0,98	8h
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	2h 5m32s
Nível limite (m/s ²)					1,10	10h 7m37s
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						
Tipo		VDV				
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	VDVR		Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1.4	1.4	1			
Dose VDV (m/s 1.75)	1,60	2,00	5,08			
Corrigido (m/s 1.75)	2,24	2,80	5,08	16,10		8h
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10		48m57s
Nível limite (m/s 1.75)				21,00		23h 8m40s
O nível VDVR é superior ao nível de alerta						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 24: Memorial de cálculo - aren, medição 06.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,25)^2 + (1,4 \times 0,33)^2 + (1,0 \times 0,79)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 45 \times 0,98^2 \times 08}$
$amr = 0,98 \text{ m/s}^2$	$are = 0,85 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 0,98$	$aren = 0,85 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 0,98 \text{ m/s}^2$	$aren = 0,85 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 25: Memorial de cálculo - VDVR, medição 06.

Equação 07 - VDV_x $VDV_x = 1,4 \times 1,60 \times \left(\frac{360}{08} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_x = 5,80 \text{ m/s}^{1,75}$	Equação 07 – VDV_y $VDV_y = 1,4 \times 2,0 \times \left(\frac{360}{08} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_y = 7,25 \text{ m/s}^{1,75}$	Equação 10 $VDVR = \left((5,80^4 + 7,25^4 + 13,16^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
Equação 07 – VDV_z $VDV_z = 1,0 \times 5,08 \times \left(\frac{360}{08} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_z = 13,16 \text{ m/s}^{1,75}$		$VDVR = 13,57 \text{ m/s}^{1,75}$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.6.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,85 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 13,57 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta sexta avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficou acima do nível de ação e abaixo do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.7. Valores - Medição 07

Colhedora JOHN DEERE mod. 3520 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 14/10/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 60;

Tempo de exposição por ciclo: 00h06min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: arenoso / 2 anos.

Figura 26: Resultado do medidor de vibração medição 07

Arquivo	COLHEDEIRA JOHN DEERE 3520MG					
Localização						
Ínicio	14/10/15 09:34:20					
Fim	14/10/15 09:41:13					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
Operador						
Localização da medição						
aw (ponderação WB)						
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1,4	1,4	1			
Nível (m/s ²)	0,20	0,23	0,46			
Corrigido (m/s ²)	0,28	0,32	0,46	0,46	0,63	8h
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	5h 4m59s
Nível limite (m/s ²)					1,10	1d36m 7s
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						
VDV						
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	VDVR	Exposição	
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1,4	1,4	1			
Dose VDV (m/s 1.75)	1,66	1,75	2,90			
Corrigido (m/s 1.75)	2,33	2,46	2,90	9,88	8h	
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10	5h44m56s	
Nível limite (m/s 1.75)				21,00	6d19h 2m37s	
O nível VDVR é superior ao nível de alerta						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 27: Memorial de cálculo - aren, medição 07.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,20)^2 + (1,4 \times 0,23)^2 + (1,0 \times 0,46)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 60 \times 0,61^2 \times 06}$
$amr = 0,61 \text{ m/s}^2$	$are = 0,52 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 0,61$	$aren = 0,52 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 0,61 \text{ m/s}^2$	$aren = 0,52 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 28: Memorial de cálculo - VDVR, medição 07.

Equação 07 - VDV_x	
$VDV_x = 1,4 \times 1,66 \times \left(\frac{360}{06} \right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_x = 6,47 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_y	Equação 10
$VDV_y = 1,4 \times 1,75 \times \left(\frac{360}{06} \right)^{\frac{1}{4}}$	$VDVR = \left((6,47^4 + 6,82^4 + 8,07^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
$VDV_y = 6,82 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_z	$VDVR = 9,50 \text{ m/s}^{1,75}$
$VDV_z = 1,0 \times 2,90 \times \left(\frac{360}{06} \right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_z = 8,07 \text{ m/s}^{1,75}$	

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.7.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,52 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 9,50 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta sétima avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficou acima do nível de ação e abaixo do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.8. Valores - Medição 08

Colhedora JOHN DEERE mod. 3522 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 14/10/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada Diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 40;

Tempo de exposição por ciclo: 00h09min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: arenoso / 1 ano.

Figura 29: Resultado do medidor de vibração medição 08

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 30: Memorial de cálculo - aren, medição 08.

<p>Equação 01</p> $amr = \sqrt{(1,4 \times 0,20)^2 + (1,4 \times 0,16)^2 + (1,0 \times 0,34)^2}$ $amr = 0,49 \text{ m/s}^2$	<p>Equação 03</p> $are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 40 \times 0,49^2 \times 09}$ $are = 0,43 \text{ m/s}^2$
<p>Equação 02</p> $arep = \frac{1}{1} \times 0,49$ $arep = 0,49 \text{ m/s}^2$	<p>Equação 04</p> $aren = 0,43 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$ $aren = 0,43 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 31: Memorial de cálculo - VDVR, medição 08.

<p>Equação 07 - VDV_x</p> $VDV_x = 1,4 \times 1,79 \times \left(\frac{360}{09} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_x = 6,30 \text{ m/s}^{1,75}$	<p>Equação 07 – VDV_y</p> $VDV_y = 1,4 \times 1,33 \times \left(\frac{360}{09} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_y = 4,68 \text{ m/s}^{1,75}$	<p>Equação 10</p> $VDVR = \left((6,30^4 + 4,68^4 + 6,56^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
<p>Equação 07 – VDV_z</p> $VDV_z = 1,0 \times 2,61 \times \left(\frac{360}{09} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_z = 6,56 \text{ m/s}^{1,75}$		$VDVR = 7,91 \text{ m/s}^{1,75}$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.8.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,43 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 7,91 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta oitava avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram abaixo do nível de ação e abaixo do limite de tolerância, portanto neste situação não é necessário adotar nenhuma medida.

4.1.9. Valores - Medição 09

Colhedora JOHN DEERE mod. 3520 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 21/10/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 24;

Tempo de exposição por ciclo: 00h15min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: Misto / 1 ano.

Figura 32: Resultado do medidor de vibração medição 09

Arquivo	COLHEDORA JOHN DEERE 3: :MG											
Localização												
Início	21/10/15 08:07:14											
Fim	21/10/15 08:23:56											
Corpo inteiro												
Qualidade	Saúde											
Posição do corpo	Sentado											
Localização da medição	Assento											
Operador	:L											
Localização da medição	COLH. JON :2											
Tipo aw (ponderação WB)												
Máquina												
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição						
Ponderação	Wd	Wd	Wk									
Coeficiente	1.4	1.4	1									
Nível (m/s ²)	0,22	0,24	0,53									
Corrigido (m/s ²)	0,31	0,34	0,53	0,53	0,70	8h						
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	4h 3m29s						
Nível limite (m/s ²)					1,10	19h38m28s						
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta												
Tipo VDV												
Máquina												
Eixo	X	Y	Z	VDVR	Exposição							
Ponderação	Wd	Wd	Wk									
Coeficiente	1.4	1.4	1									
Dose VDV (m/s 1.75)	1,97	2,22	3,96									
Corrigido (m/s 1.75)	2,76	3,11	3,96	10,33	8h							
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10	4h48m47s							
Nível limite (m/s 1.75)				21,00	5d16h30m10s							
O nível VDVR é superior ao nível de alerta												

Fonte: Arquivo pessoal (2015).

Figura 33: Memorial de cálculo - aren, medição 09.

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,22)^2 + (1,4 \times 0,24)^2 + (1,0 \times 0,53)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 24 \times 0,70^2 \times 15}$
$amr = 0,70 \text{ m/s}^2$	$are = 0,61 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 0,70$	$aren = 0,61 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 0,70 \text{ m/s}^2$	$aren = 0,61 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 34: Memorial de cálculo - VDVR, medição 09.

Equação 07 - VDV_x	
$VDV_x = 1,4 \times 1,97 \times \left(\frac{360}{15}\right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_x = 6,10 \text{ m/s}^{1,75}$	
Equação 07 – VDV_y	Equação 10
$VDV_y = 1,4 \times 2,22 \times \left(\frac{360}{15}\right)^{\frac{1}{4}}$	$VDVR = \left((6,10^4 + 6,88^4 + 8,76^4) \right)^{\frac{1}{4}}$
$VDV_y = 6,88 \text{ m/s}^{1,75}$	$VDVR = 9,88 \text{ m/s}^{1,75}$
Equação 07 – VDV_z	
$VDV_z = 1,0 \times 3,96 \times \left(\frac{360}{15}\right)^{\frac{1}{4}}$	
$VDV_z = 8,76 \text{ m/s}^{1,75}$	

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.9.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,61 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 9,88 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta nona avaliação, observou-se que o valor do aren e o valor de VDVR ficaram acima do nível de ação e abaixo do limite de tolerância, portanto deve-se implementar as medidas preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.1.10. Valores - Medição 10

Colhedora JOHN DEERE mod. 3520 – vibração corpo inteiro sentado;

Data da avaliação: 13/11/2015;

Função: operador agrícola – colhedora de cana;

Jornada diária: 08h00min;

Número de ciclos da atividade: 36;

Tempo de exposição por ciclo: 00h10min;

Tipo do solo / tempo de uso da máquina: areia / 1 ano.

Figura 35: Resultado do medidor de vibração medição 10

Arquivo	COLHEDORA JOHN DEERE 3520 FRO					
Localização						
Início	13/11/15 08:55:09					
Fim	13/11/15 09:06:19					
Corpo inteiro						
Qualidade	Saúde					
Posição do corpo	Sentado					
Localização da medição	Assento					
OperadorG					
Localização da medição	12					
Tipo	aw (ponderação WB)					
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	Max A(8)	aren	Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1,4	1,4	1			
Nível (m/s ²)	0,17	0,21	0,52			
Corrigido (m/s ²)	0,24	0,29	0,52	0,52	0,65	8h
Nível de alerta (m/s ²)					0,50	4h47m50s
Nível limite (m/s ²)					1,10	23h13m 9s
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						
Tipo	VDV					
Máquina						
Eixo	X	Y	Z	VDVR		Exposição
Ponderação	Wd	Wd	Wk			
Coeficiente	1,4	1,4	1			
Dose VDV (m/s 1.75)	1,33	1,44	3,49			
Corrigido (m/s 1.75)	1,86	2,02	3,49	9,35	8h	
Nível de alerta (m/s 1.75)				9,10	7h11m18s	
Nível limite (m/s 1.75)				21,00	8d11h52m11s	
O nível VDVR é superior ao nível de alerta						

Fonte: Arquivo pessoal (2015).**Figura 36: Memorial de cálculo - aren, medição 10.**

Equação 01	Equação 03
$amr = \sqrt{(1,4 \times 0,17)^2 + (1,4 \times 0,21)^2 + (1,0 \times 0,52)^2}$	$are = \sqrt{\frac{1}{480} \times 36 \times 0,64^2 \times 10}$
$amr = 0,64 \text{ m/s}^2$	$are = 0,56 \text{ m/s}^2$
Equação 02	Equação 04
$arep = \frac{1}{1} \times 0,64$	$aren = 0,56 \times \sqrt{\frac{480}{480}}$
$arep = 0,64 \text{ m/s}^2$	$aren = 0,56 \text{ m/s}^2$

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Figura 37: Memorial de cálculo - VDVR, medição 10.

Equação 07 - VDV_x $VDV_x = 1,4 \times 1,33 \times \left(\frac{360}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_x = 4,56 \text{ m/s}^{1,75}$	Equação 07 – VDV_y $VDV_y = 1,4 \times 1,44 \times \left(\frac{360}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_y = 4,94 \text{ m/s}^{1,75}$	Equação 10 $VDVR = \left((4,56^4 + 4,94^4 + 8,55^4) \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDVR = 8,93 \text{ m/s}^{1,75}$
Equação 07 – VDV_z $VDV_z = 1,0 \times 3,49 \times \left(\frac{360}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$ $VDV_z = 8,55 \text{ m/s}^{1,75}$		

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.1.10.1. Interpretação dos resultados

Resultado do aren: 0,56 m/s²

Nível de ação do aren: 0,50 m/s²

Limite de tolerância do aren: 1,10 m/s²

Resultado do VDVR: 8,93 m/s^{1,75}

Nível de ação do VDVR: 9,10 m/s^{1,75}

Limite de tolerância do VDVR: 21,0 m/s^{1,75}

Nesta nona avaliação, observou-se que o valor do aren ficou acima do nível de ação e abaixo do limite de tolerância e o valor de VDVR ficou abaixo do nível de ação, portanto deve-se implementar as medidas preventivas previstas na NR-09, em seu anexo 01.

4.2. MEDIDAS DE PROTEÇÃO

As medidas de proteção para atenuação da vibração de corpo inteiro sentado são de caráter de engenharia e administrativo, não cabendo nesta situação, nenhum tipo de equipamento de proteção individual.

Como na maioria das medições os valores ficaram acima do nível de ação, são necessárias medidas preventivas como as descritas a seguir:

- Avaliação periódica da exposição;
- Orientação dos trabalhadores quanto aos riscos decorrentes da exposição a vibração e a utilização adequada dos equipamentos de trabalho, bem como quanto ao direito de comunicar aos seus superiores sobre níveis anormais de vibração observados durante suas atividades;
- Vigilância da saúde dos trabalhadores focada nos efeitos da exposição a vibração;
- Adoção de procedimentos e métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas.

Para as situações em que os limites de tolerância foram excedidos devem ser adotadas medidas de caráter corretivo como as descritas a seguir:

- No caso de exposição às VCI, modificação do processo ou da operação de trabalho, podendo envolver: o reprojeto de plataformas de trabalho; a reformulação, a reorganização ou a alteração das rotinas ou dos procedimentos e organização do trabalho; a adequação de veículos utilizados, especialmente pela adoção de assentos antivibratórios; a melhoria das condições e das características dos pisos e pavimentos utilizados para circulação das máquinas e dos veículos;
- Redução do tempo e da intensidade de exposição diária à vibração;
- Alternância de atividades ou operações que gerem exposições a níveis mais elevados de vibração com outras que não apresentem exposições ou impliquem exposições a menores níveis.

4.3. DISCUSSÕES

O foco deste estudo está em analisar se as vibrações mecânicas produzidas no corte mecanizado de cana-de-açúcar podem trazer prejuízos à saúde do trabalhador. Todas as máquinas analisadas estavam com tempo de uso de 1 a 5 anos, onde foi observado que os resultados mais elevados foram encontrados nas máquinas com maior tempo de uso e os menores resultados encontrados foram nas máquinas com menor tempo de uso. Também foi observado uma correlação dos resultados entre os tipos de solos onde estava se executando o trabalho, onde os maiores resultados foram correlacionados com o latossolo roxo (terra roxa) e os menores com o solo arenoso. Isso vem confirmar que o tempo de uso do equipamento provoca desgaste em seus componentes e nas lâminas de corte da cana-de-açúcar, no qual vai aumentando significativamente a intensidade de vibração produzida, o tipo de compactação do solo influencia diretamente em produção de maior movimento da máquina em ondações, que também contribuem para o aumento da intensidade de vibração. Uma das situações que foi observada durante conversas informais com operadores das máquinas, foi que os mesmos desconheciam o risco vibração e não souberam informar se poderiam fazer alguma ação para minimizar o risco.

De acordo com a figura 23, podemos observar que 60% dos resultados ficaram acima do nível de ação, 30% ficaram acima do limite de tolerância e só 10% ficaram em níveis aceitáveis, onde não requerem ações, ou seja abaixo do nível de ação. Com isso, pode-se evidenciar que o profissional da operação de colhedora de cana-de-açúcar está submetido a vibrações mecânicas decorrentes do terreno irregular, da longa jornada de exposição, de aproximadamente 6 horas diárias, do desgaste da máquina, da falta de conhecimento do risco e suas consequências e da ineficiência das tecnologias de proteções coletivas existentes nas máquinas.

Figura 38: Comparativo dos resultados encontrados.

	aren (m/s ²)	VDVR (m/s ^{1,75})	Tempo de uso (ano)	Tipo de solo
Medição 01	0,6	9,21	1	Misto
Medição 02	9,45	430,6	5	Roxo
Medição 03	1,31	23,35	3	Roxo
Medição 04	0,85	14,34	3	Misto
Medição 05	1,28	21,61	3	Roxo
Medição 06	0,85	13,57	3	Misto
Medição 07	0,52	9,5	2	Arenoso
Medição 08	0,43	7,91	1	Arenoso
Medição 09	0,61	9,88	1	Misto
Medição 10	0,56	8,93	1	Arenoso
Preto: Abaixo do nível de ação. Azul: Acima do nível de ação. Vermelho: Acima do limite de tolerância.				

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Se observamos a evolução da tecnologia das máquinas agrícolas, podemos visualizar grandes mudanças para soluções econômicas e operacionais, porém as proteções coletivas para mitigação dos riscos ocupacionais não acompanham esta evolução na mesma velocidade, basta analisarmos que ainda existe a comercialização de tratores sem cabines, só com proteção de capotamento. A estrutura dos bancos, cabines, forma de amortecimentos, planos de manutenção, conservação, modos de operação precisam evoluir mais para reduzir a intensidade de vibração, bem como os operadores precisam conhecer melhor sobre o risco vibração para adequarem à sua operação de acordo com as características do solo, máquinas, entre outros.

Para melhorar o conforto na operação de máquinas agrícolas, é preciso desenvolver mecanismos de absorção da vibração produzida na operação das mesmas, aliados a um grande plano de manutenção e conservação dos componentes da máquina bem como treinamento para os operadores para a mitigação do risco.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que os trabalhadores que exercem as atividades na operação de colhedoras de cana-de-açúcar, estão expostos a intensidade de vibração acima do recomendado para ações de controle, sendo que de 10 avaliações realizadas, somente uma avaliação ficou em nível tolerável. Das restantes, 6 ficaram com intensidade acima do nível de ação e 3 ficaram com intensidade acima do limite de tolerância.

Portanto, ao analisar os critérios de prevenção e correção da NR-09 em seu anexo 1, há 3 situações que necessitariam de ações corretivas e 6 situações que necessitariam de ações preventivas.

As variáveis do tipo de solo, modo de operação e manutenção da máquina tem uma grande relevância para os resultados, por isso essas variáveis devem ser tratadas nas ações de prevenção e correção para mitigação do risco.

REFERÊNCIAS

ACOEM. **Catálogo** do dosímetro de vibração. Disponível em: >
<http://01db.acoemgroup.com.br/catalogo/VIB-Dosmetro-de-vibraco-1-0-246-produit>>
Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, Threshold Limit Values . Tradução da ABHO – Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO 2015

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

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
SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle de VIBRAÇÃO: PPRA.** 2. Ed. São Paulo: LTr, 2013. 101 p.

BRAMMER, A. J.; TAYLOR, W. **Vibration effects on the hand and arm in industry.** New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p. 169-172.

BRASIL. Portaria MTb nº 3.214 de 08 de julho de 1978. **NR-15.** Disponível em: >
<http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO8.pdf>>
Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

BRASIL. Portaria MTb nº 3.214 de 08 de julho de 1978. **NR-09.** Disponível em: ><http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-09atualizada2014III.pdf>>
Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

BRASIL. Decreto lei N.º 5.452, de 1º de maio de 1943, **Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT** > http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Decreto-Lei-5452.htm > Acesso em: 20 de fevereiro de 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988** > http://www.internationalarchivesent.org/additional/acervo_port.asp?id=26 > Acesso em: 20 de fevereiro de 2016.

BRASIL. **LEI N. 11.241**, DE 19 DE SETEMBRO DE 2002. > http://www.internationalarchivesent.org/additional/acervo_port.asp?id=26 > Acesso em: 20 de fevereiro de 2016.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 09.** 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 10 janeiro 2016.

BRASIL. **Indicadores Agropecuários**, Brasília, Ano XXIV, n 12, Dezembro 2015, p.01-96>
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_06_11_08_36_revista-dezembro_2015_internet.pdf > Acesso em 10 janeiro 2016

BRUEL & KJAER. **Medição da vibração**- livreto. Edição FUNDACENTRO, 1982, 40p.

CUNHA, I. A. **Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua utilização na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP - 2000, 176p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631: Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure of Whole-Body Vibration: General requirements.** Geneva, 1997. 31 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO**

1631: Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure of Whole-Body Vibration: General requirements. Geneva, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO**

8041 - Human response to vibration – Measuring instrumentation. Geneva, 1988, 24p.

NIOSH – Criteria for a recommended standard – **Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration** – U.S. Department of Health and Human Services, Ohio, september 1989, 127p.

USP. **Higiene do trabalho – parte A**: eST-103. São Paulo: Epusp-EAD/PECE, 2014.

USP. **Higiene do trabalho – parte B**: eST-202. São Paulo: Epusp-EAD/PECE, 2014.

USP. **Monografia**: eST-Monografia. São Paulo: Epusp-EAD/PECE, 2014.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L.

Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. Ciência Rural, Santa Maria, p. 983 - 988. 2002.

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

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Vibração: PPRA**. 2. ed. São Paulo: LTr, 2013. 101p.