

FILIPPE SANCHES DE OLIVEIRA

Efeitos da Exposição Ocupacional a Vibração de Mãos e Braços - Aplicação de
Medidas de Controle

São Paulo - SP

2021

FILIPPE SANCHES DE OLIVEIRA

Versão Original

Efeitos da Exposição Ocupacional a Vibração de Mãos e Braços - Aplicação de
Medidas de Controle

Monografia apresentada Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Higiene Ocupacional.

São Paulo - SP

2021

A todas às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica. Em especial toda minha Família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sem Ele nada seria possível, que me deu força e discernimento para continuar seguindo nesta estrada em meio as dificuldades que a vida nos impõem.

A toda a minha família em especial aos meus pais Leonélia e Paulo, minha esposa Gisele, meu filho Leandro e aquele que está por chegar.

A todos os mestres e doutores, que compuseram o corpo docente da instituição, que em momento nenhum se abdicaram na busca pelo conhecimento, nos transmitindo-o, capacitando-nos.

Aos meus amigos e amigas que souberam entender minhas limitações e me ajudaram a levantar nos momentos da queda.

A todos os colegas da turma de eHO 2020.

A todos que lembraram e que rezaram por mim, intercedendo a Jesus Cristo a minha vitória. Amém.

“Tudo posso naquele que me fortalece.” (BÍBLIA SAGRADA, 1998, p.1513)

RESUMO

OLIVEIRA, Filipe Sanches. Efeitos da Exposição Ocupacional a Vibração de Mãos e Braços - Aplicação de Medidas de Controle. 2021. 48f. Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional) – Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2021.

Vibrações de Mãos e Braços ou como também poderiam ser chamadas por Vibrações Transmitidas Manualmente, possuem potencial de provocar danos à saúde dos empregados que estariam expostos ao agente físico denominado de vibrações mecânicas. Vibrações Mecânicas é o movimento que um corpo ou massa executa em torno de um determinado ponto fixo, dessa forma, todos os corpos estão sujeitos a movimento vibratórios, o potencial de acometer a saúde humana dependerá dos fatores: amplitude, frequência e intensidade. O presente trabalho, tem como objetivo, analisar os potenciais efeitos à saúde do trabalhador exposto a vibrações de mãos e braços, exemplo: fenômeno “dedo branco” ou doença de *Raynaud*, bem como as possíveis medidas de controles necessárias para mitigar o risco quando a exposição se situar acima do Nível de Ação (NA), que seria 50% do valor do Limite de Tolerância (LT), no qual deve-se iniciar a adoção das medidas preventivas. O estudo de caso, realizado juntamente a essa pesquisa acadêmica, concluiu que a exposição de um profissional que utiliza uma parafusadeira pneumática no processo de apertar e desapertar parafusos de roda de caminhão, tem a exposição acima do NA, sendo sugestivo a aplicação de medidas preventivas (redução do tempo exposto ou quando não possível utilização de luvas antivibração) de forma a controlar a exposição e reduzir o nível de exposição a valores abaixo desse.

Palavras-Chave: Vibração de Mãos e Braços, Doença de *Raynaud*, Limite de Tolerância, Parafusadeira Pneumática.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Filipe Sanches. Effects of Occupational Exposure to Hand and Arm Vibration - Application of Control Measures. 2021. 48f. Monograph (Specialization in Occupational Hygiene) – Continuing Education Program, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Hand and arm vibrations, or as they could also be called Manually Transmitted Vibrations, have the potential to cause damage to the health of employees who would be exposed to the physical agent called mechanical vibration. Mechanical vibrations is the movement that a body or mass performs around a certain fixed point, thus, all bodies are subject to vibratory movement, the potential to affect human health will depend on factors: amplitude, frequency and intensity. The present work aims to analyze the potential health effects of workers exposed to hand and arm vibrations, for example: "white finger" phenomenon or Raynaud's disease, as well as the possible control measures necessary to mitigate the risk, when the exposure is above the Action Level (LA), which would be 50% of the Tolerance Limit (LT) value, at which the adoption of preventive measures must begin. The case study, carried out together with this academic research, concluded that the exposure of a professional who uses a pneumatic screwdriver in the process of tightening and loosening truck wheel bolts has the exposure above the NA, suggesting the application of preventive measures (reduction of exposure time or when it is not possible to use anti-vibration gloves) in order to control the exposure and reduce the exposure level to values below that.

Keywords: Hand and arm vibrations, phenomenon or Raynaud's, Tolerance Limit, pneumatic screwdriver.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amplitude de onda	14
Figura 2 - Operação de Motosserra	15
Figura 3 - Limite de Exposição Ocupacional	21
Figura 4 - Relação da probabilidade em anos para o aparecimento da síndrome dos dedos brancos em função da aceleração ponderada para oito horas de trabalho	21
Figura 5 - Hierarquia de controle de riscos	25
Figura 6 - Luva antivibração	26
Figura 7 - Exemplo de tipos de acelerômetros triaxiais e montagem	28
Figura 8 - Sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços	28
Figura 9 - Principais tipos de adaptadores disponibilizados por vários fabricantes...	29
Figura 10 - SV 106 da Marca Svantek	31
Figura 11 - Acelerometro triaxial, adaptador para mãos SV 105 da Marca Svantek.	32
Figura 12 - Curva de ponderação em frequência para vibração transmitida a mãos e braço Wh, adaptada da ISSO 8041:2005.....	33
Figura 13 - Parafusadeira pneumática King Tony	33
Figura 14 - Posicionamento do acelerômetro na palma da mão antes de iniciar a avaliação	34
Figura 15 - Avaliação da atividade de soltar e apertar parafusos.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estadiamento dos sintomas vasculares	17
Tabela 2 - Estadiamento dos sintomas neurossensíveis	18
Tabela 3 - Agentes patogênicos causadores de doenças profissionais ou do trabalho	19
Tabela 4 - Níveis de aceleração ponderados para LA e TLV	20
Tabela 5 - Anexo IV, Classificação dos Agentes Nocivos	23
Tabela 6 - Níveis de aceleração	23
Tabela 7 - Critério de julgamento e tomada de decisão	24
Tabela 8 - Configuração do perfil de medição	32
Tabela 9 - Resultado das medições dos eixos ortogonais	39
Tabela 10 - Resultado consolidado da medição	40

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

Am	Aceleração média
Amep	Aceleração média de exposição parcial
Amr	Aceleração média resultante
Are	Aceleração resultante da exposição
Arep	Aceleração resultante da exposição parcial
Aren	Aceleração resultante de exposição normalizada
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
BEI	<i>Biological Exposure Indices</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
EPI	Equipamento de Proteção Individual
\vec{F}	Força Resultante
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GES	Grupo de Exposição Similar
Hz	Hertz
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEO	Limite de Exposição Ocupacional
LT	Limite de Tolerância
NA	Nível de Ação
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
TLV	<i>Threshold Limit Values</i>
VCI	Vibração de Corpo Inteiro
RMS	<i>Root mean square</i> ou raiz média quadrática
VMB	Vibração de Mãos e Braços
VL	Vibração Localizada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	VIBRAÇÕES MECÂNICAS	14
2.2	EFEITO DAS VIBRAÇÕES NO CORPO HUMANO	16
2.3	LIMITE DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E LIMITE DE TOLERÂNCIA	20
2.4	RECOMENDAÇÕES DE MEDIDAS DE CONTROLE PARA EXPOSIÇÕES A VMB'S	23
2.5	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A VMB.....	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	MATERIAIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	31
3.1.1	Características e configuração do medidor de vibração	31
3.1.2	Parafusadeira pneumática	33
3.2	PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	43
	APÊNDICE - REGISTRO DE DADOS DO INSTRUMENTO DO RESULTADO DO CICLO 1	46
	APÊNDICE - REGISTRO DE DADOS DO INSTRUMENTO DO RESULTADO DO CICLO 2	47
	APÊNDICE - REGISTRO DE DADOS DO INSTRUMENTO DO RESULTADO DO CICLO 3	48

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rocha e Bastos (2016, p. 189), “a vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo”, vibração nada mais é que um movimento repetitivo e oscilatório, explicado pela 2ª Lei de Newton e conhecida como princípio fundamental da dinâmica, uma grandeza vetorial, em que a força \vec{F} “em uma partícula é igual a razão do tempo de mudança do momento linear em sistema de referência inercial”.

Todos os corpos estão sujeitos a movimentos vibratórios, para que esses movimentos sejam prejudiciais à saúde humana é necessário que eles tenham amplitude, frequência e intensidade.

Dentro desse contexto, volta-se o olhar para um universo, onde a vibração está presente (como uma ferramenta eletro ou pneumática, exemplo: martetele, parafusadeira) ou se faz necessário como recurso tecnológico, exemplo: peneiras vibratórias. É importante ressaltar, que em qualquer um desses exemplos possui a interação homem – máquinas, caracterizando a partir desse momento o risco a saúde, podendo ser desprezível, relevante, moderado, alto até crítico.

Braga (2007), relata que as vibrações transmitidas para as mãos e braços, são considerados um grande problema ao corpo humano, ele ressalta que exposições contínuas durante longos períodos de tempo a níveis elevados de vibração podem provocar danos irreversíveis (doenças) que podem afetar os vasos sanguíneos, sistemas circulatórios, degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, perda da capacidade manipulativa.

O estabelecimento de medidas de controles é necessário para mitigar o risco, para que tais vibrações, não venham acometer um sistema que vai muito além de mãos e braços (o risco é a interação do homem com a fonte de perigo, o perigo em questão é a vibração).

Neste sentido, o trabalho vem proporcionar uma reflexão do efeito da vibração de mãos e braços e auxiliar no momento de tomada de decisão quanto a aplicação de medidas de controles.

1.1 OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo avaliar possíveis medidas de controle, para exposição que estejam acima dos valores de referência, de forma a mitigar o risco a saúde do homem.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho propõe avaliar quais são os efeitos a saúde humana decorrente da exposição ocupacional a vibração de mãos e braços e quais são as possíveis medidas de controle aplicáveis.

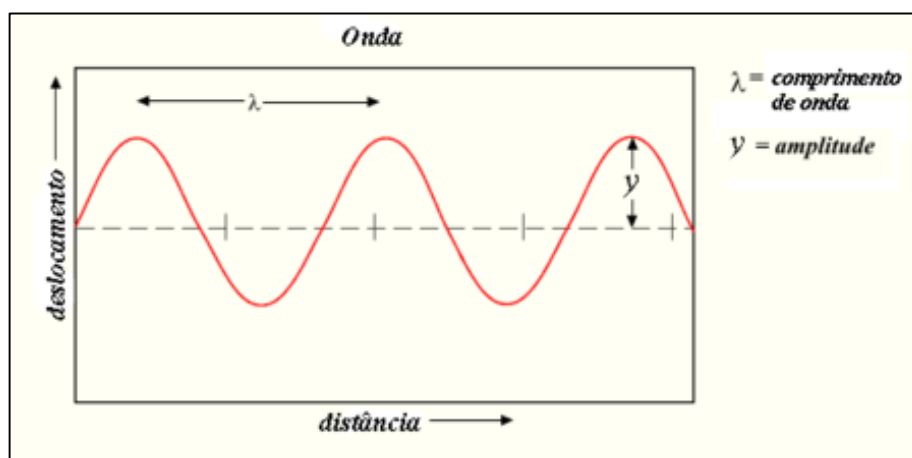
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VIBRAÇÕES MECÂNICAS

De acordo com Soeiro (2011), desde os primeiros tempos da história da humanidade, a vibração se faz presente. Oliveira et al. (2009) complementam que: “Toda máquina ou estrutura mecânica apresenta vibrações, relacionadas com diversas causas”. A partir do estudo da composição espectral dos sinais de vibração adquiridos através de sensores adequado, é possível se detectar a existência de perturbação nessa composição.

Segundo Rocha e Bastos (2016), vibrações mecânicas são oscilações de um corpo ou partícula em torno de uma posição de equilíbrio, passando por um intervalo de tempo necessário para completar o ciclo de movimentação, movimentos com características regulares (senoidais) ou irregulares, e esses se repetem no intervalo do tempo, vide figura 1.

Figura 1 - Amplitude de onda



Fonte: Santos (2019)

Gonçalves (2015), escreve que os três principais componentes de armazenamento de energia em um sistema o vibratório são: energia potencial, mola; energia cinética, massa; perda de energia do sistema (amortecimento). O autor escreve que essa grandeza física possui três variáveis: Frequência, geralmente dada em hertz (Hz);

intensidade do deslocamento (cm ou mm) / aceleração máxima sofrida pela massa ($g = m.s^{-2}$); e por último a direção do movimento, caracterizada pela força resultante dos três eixo ortogonais (x,y,z).

Braga (2007) escreve que, geralmente a vibração está associada aos desequilíbrios, limites de folga das partes constituintes da máquina. Já Soeiro (2011) ressalta que a aplicação da vibração na engenharia, é de grande importância atualmente, podendo ser aplicada em: correias transportadoras, peneiras vibratórias, compactadores, entre outras.

Segundo Sousa (2021a), as ferramentas manuais com potencial de gerar vibrações, se dividem em três categorias:

- Motores a combustão: compactadores, motosserra (figura 2), roçadeira costal, pulverizadores;
- Elétricas: martetele, furadeira, serra mármore;
- Pneumáticas: Parafusadeiras, lixadeiras, chave de impacto.

Figura 2 - Operação de Motosserra



Fonte: Sousa (2021b)

Independente da forma com que a vibração é gerada, em muitas delas existe a interação entre o ser humano e os sistemas vibratórios, podendo a partir desse momento ser caracterizada como potencial de risco a saúde dos trabalhadores (SOEIRO, 2011).

2.2 EFEITO DAS VIBRAÇÕES NO CORPO HUMANO

É conhecido que as vibrações mecânicas podem causar diversos efeitos ao corpo humano, desde um leve desconforto a até problemas de saúde mais graves, resultando muitas vezes na perda da capacidade física a até mesmo mental. Os estudos dos efeitos no corpo humano às exposições as vibrações mecânicas são subdivididas em dois grupos:

- Vibrações de Corpo Inteiro (VCI);
- Vibrações Localizadas (VL) / Mãos e Braços (VMB).

As VCI's, são transmitidas ao corpo como um todo, podem resultar em danos na região da coluna vertebral, podendo atingir o sistema circulatório e/ou urológico, além do sistema nervoso central. "São de baixa frequência e alta amplitude e situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente de 1 a 20 Hz" (GONÇALVES, 2015).

A ACGIH (2021), define que VMB's são aquelas com potenciais de causa danos nas extremidades superiores, incluindo sinais e sintomas vasculares, neurosensoriais e musculoesqueléticos.

Sousa (2021b), esclarece que o termo mais adequado para ser utilizado em substituição aos termos Vibração de Mãos e Braços ou Vibrações Localizadas seria: Vibração Transmitida Manualmente, e justifica que embora os principais efeitos acometem dedos e mãos, eles podem se estenderem para o corpo.

Gonçalves (2015), reforça que os efeitos das vibrações sobre o corpo humano podem ser extremamente graves, podendo ser em muitos casos perdas permanentes a alguns dos órgãos que o compõem. Os exemplos de doenças correlacionadas a vibrações de mãos e braços são: degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, perda da capacidade manipulativa e o tato das mãos, comprometimento da circulação do sangue até os dedos afetada, tornando-os

esbranquiçados e originando o fenômeno “dedo branco” ou doença de *Raynaud*, neste caso, os dedos ficam insensíveis e podendo sofrer necrose.

Gonçalves (2015) escreve que, as frequências menores de 30 Hz, são uma das causalidades das perturbações ósteo-articulares, vindo atingir os punhos, cotovelos e o ombros. Já as vibrações com frequências entre 40 e 125 Hz, estão vinculadas aos sintomas: formigamento, palidez, picada, queimadura, gangrena e a doença de *Raynaud*.

De acordo com Sousa (2021b, p. 76):

Trabalhadores expostos a ferramentas com frequência dominante na faixa de 60 a 300 Hz são mais propensos a desenvolver os sintomas da HAVS. Empregados que usam ferramentas manuais que emitem uma frequência dominante mais baixa (ou seja, 10 a 60 Hz) também podem exibir sintomas da síndrome. No entanto, as ferramentas com menor frequência dominante são mais propensas a induzir a perda de massa muscular e lesões articulares no cotovelo e ombro.

Sousa (2021b), publicou os estágios das possíveis lesões a indivíduos quando estão expostos continuamente níveis elevados de vibração transmitida manualmente, vide tabela 1 e tabela 2.

Tabela 1 - Estadiamento dos sintomas vasculares

Estágio	Grau	Descrição
0	-	Sem sintomas vasculares.
1V	Leve	Episódios ocasionais de palidez nas extremidades de um ou mais dedos.
2V	Moderado	Episódios ocasionais de palidez nas falanges distais e intermediárias (raramente proximais) de um ou mais dedos.
3V	Severo	Episódios frequentes de palidez em todas as falanges da maioria dos dedos.
4V	Muito Severo	Como no estágio 3, com distúrbios tróficos associados nas extremidades dos dedos.

Fonte: Sousa, 2021b, p.78

Tabela 2 - Estadiamento dos sintomas neurossensíveis

Estágio	Descrição
0SN	Sem sintomas neurossensíveis nos dedos
1SN	Dormência intermitente, com ou sem parestesias
2SN	Dormência intermitente ou persistente, sensibilidade tátil, térmica, vibratória reduzida
3SN	Dormência intermitente ou persistente, discriminação tátil reduzida e / ou capacidade de manipulação fina reduzida

Fonte: Sousa, 2021b, p.78

Conforme demonstrado anteriormente, a tabela 1 registra as fases dos sintomas vasculares, onde podemos observar um aumento da gravidade da lesão à medida que se avança os estágios, o estágio mais crítico é o 4V (Muito Severo) e o sintomas apresentado é: distúrbios tróficos associados nas extremidades dos dedos. A tabela 2 estratifica os sintomas neurossensíveis, onde o estágio mais crítico é o 3SN, apresentando sintomas como: Dormência intermitente ou persistente.

Santos (2019), informa que o Anexo II do Decreto 3.049 de 1999, publicado pelo Palácio do Planalto, estabelece os agentes patogênicos causadores de doenças profissionais ou do trabalho, entre eles a relação das doenças (afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sanguíneos periféricos ou dos nervos periférico) que podem ter como causalidade (nexo causal) o agente vibração, vide tabela 3.

Tabela 3 - Agentes patogênicos causadores de doenças profissionais ou do trabalho

Agentes patogênicos	Trabalhos que contêm o risco
Físico	
XXII - Vibrações (afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sanguíneos periféricos ou dos nervos periféricos)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Síndrome de Raynaud (I73.0) 2. Acrocianose e Acroparestesia (I73.8) 3. Outros transtornos articulares não classificados em outra parte: Dor Articular (M25.5) 4. Síndrome Cervicobraquial (M53.1) 5. Fibromatose da Fascia Palmar: "Contratura ou Moléstia de Dupuytren" (M72.0) 6. Lesões do Ombro (M75.-): Capsulite Adesiva do Ombro (Ombro Congelado, Periartrite do Ombro) (M75.0); Síndrome do Manguito Rotatório ou Síndrome do Supraespinhoso (M75.1); Tendinite Bicipital (M75.2); Tendinite Calcificante do Ombro (M75.3); Bursite do Ombro (M75.5); Outras Lesões do Ombro (M75.8); Lesões do Ombro, não especificadas (M75.9) 7. Outras entesopatias (M77.-): Epicondilite Medial (M77.0); Epicondilite lateral ("Cotovelo de Tenista"); Mialgia (M79.1) 8. Outros transtornos especificados dos tecidos moles (M79.8) 9. Osteonecrose (M87.-): Osteonecrose Devida a Drogas (M87.1); Outras Osteonecroses Secundárias (M87.3) 10. Doença de Kienböck do Adulto (Osteo-condrose do Adulto do Semilunar do Carpo) (M93.1) e outras Osteocondropatias especificadas (M93.8)

Fonte: Brasil, (1999)

2.3 LIMITE DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E LIMITE DE TOLERÂNCIA

A ACGIH (2021), em sua política de uso dos TLVs e BEIs, esclarece que os Limites de Exposições Ocupacionais (LEO), são guias de orientação para estabelecimento de medidas de controle aos riscos à saúde dos trabalhadores, e esses não devem ser utilizados como normas legais regulamentares, devendo ser utilizados e interpretados somente por profissionais conhecedores da prática de Higiene Ocupacional. A publicação reconhece suas limitações, a partir do momento que informa que esses limites não são linhas divisórias entre o seguro e o perigoso, ela acredita que esse são valores (quando abaixo do LEO) onde a maioria das pessoas estarão expostas e não apresentarão os sintomas que foram utilizados para estabelecer a base do LEO. A tabela 4, extraída da publicação da publicação da ACGIH 2021, traz os LEO's e NA's para exposição as VMB's.

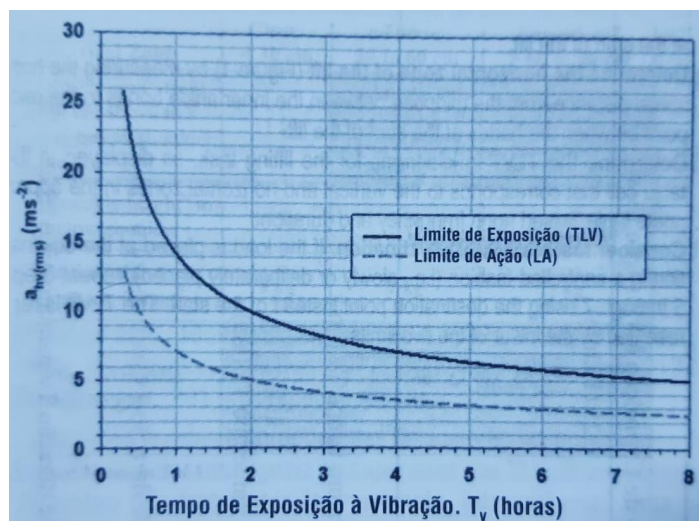
Tabela 4 - Níveis de aceleração ponderados para NA e TLV

Tempo de Exposição à Vibração (hrs)	Aceleração Ponderada ($a_{hv(rms)} m.s^{-2}$)	
	TLV	NA
0.25 (15 min)	28.28	14.14
1.0	14.14	7.07
2	10.0	5.0
4	7.07	3.54
6	5.77	2.89
8	5.0	2.5

Fonte: ACGIH, 2021, p.212

Destaca-se o LEO e o NA, respectivamente $5.0 m.s^{-2}$ e $2.5 m.s^{-2}$, para o tempo de exposição de oito horas. Ressalta-se que o LEO publicado pela ACGIH, trata de uma curva logaritimiana, onde tem a intensidade (aceleração média resultante) no eixo das ordenadas e o tempo de exposição no eixo das abcissas, conforme figura 3.

Figura 3 - Limite de Exposição Ocupacional

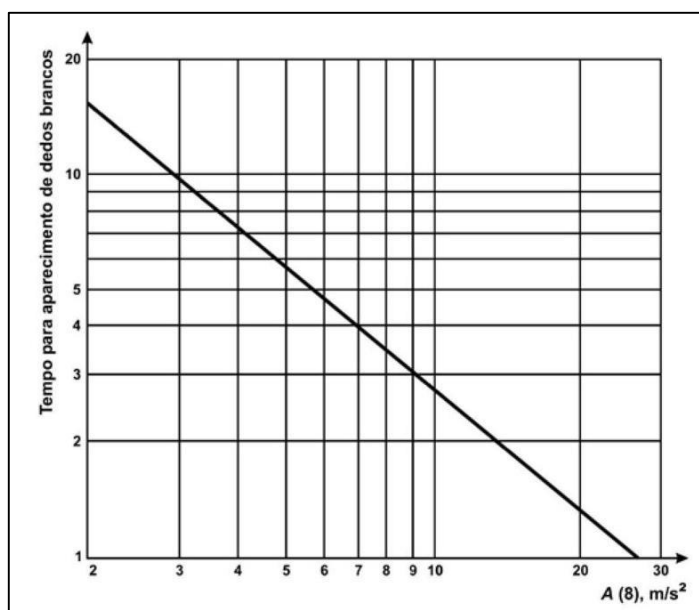


Fonte: ACGIH, 2021, p.212

Na mesma figura 3, pode-se observar a curva tracejada, correspondente ao Nível de Ação.

Segundo Rocha e Bastos (2016), “A ISSO-1: 2001, não traz limites de tolerância para a vibração de braços e mãos, devido a muitos fatores que variam com cada tipo de ambiente e de aplicação.” É possível observar na figura 4 uma relação do tempo (em anos) de exposição em função da intensidade do agente ponderada para uma exposição de oito horas.

Figura 4 - Relação da probabilidade em anos para o aparecimento da síndrome dos dedos brancos em função da aceleração ponderada para oito horas de trabalho



Fonte: Rocha e Bastos, 2016, p.210

Reforça-se, que o autor indica que esses não são limites de exposição, e conforme Rocha e Bastos (2016), a figura 4, apenas retrata uma possível probabilidade de surgimento da doença de dedos brancos em pelo menos 10% dos expostos ao agente nocivo.

Brasil (2019b), através da NR 15 e seus anexos, estabelece os Limites de Tolerância (LT), e tem como finalidade estabelecer os critérios para caracterizar uma condição / exposição como insalubre. A NR 15, em seu Anexo 8, estabelece o LT para Vibrações de Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) e cita a Fundacentro, é a instituição responsável por estabelecer os procedimentos técnicos amostral, por meio das Normas de Higiene Ocupacional (NHO), especificamente NHO 10.

Está descrito em Brasil (2019b) que: “Caracteriza-se a condição insalubre caso seja superado o limite de exposição ocupacional diária a VMB correspondente a um valor de Aceleração resultante de exposição normalizada (Aren) de 5 m/s^2 ”.

O Nível de Ação (NA), é um conceito amplamente utilizado no meio técnico, esse representa 50% do Limite de Exposição Ocupacional ou Limite de Tolerância, na qual acredita que em 95% do tempo das exposições ao longo do tempo o LEO / LT não será ultrapassado, a NR 9, estabelece que a partir do momento que o NA for ultrapassado deve ser estabelecido as primeiras medidas de controle para mitigação do risco (BRASIL, 2019a). Dessa forma a Norma Regulamentadora estabeleceu o NA para VMB em $2,5 \text{ m/s}^2$.

O decreto 3.048, traz em sua publicação no artigo 64, inciso segundo (BRASIL, 1999):

“Para fins do disposto no caput, a exposição aos agentes químicos, físicos e biológicos prejudiciais à saúde, ou a associação desses agentes, deverá superar os limites de tolerância estabelecidos segundo critérios quantitativos ou estar caracterizada de acordo com os critérios da avaliação qualitativa de que trata o § 2º do art. 68”.

De acordo Brasil (1999), o Decreto 3.048 de 1999, por meio do Anexo IV, traz a classificação dos agentes nocivos, que tem o tempo de aposentadoria especial, vide tabela 5:

Tabela 5 - Anexo IV, Classificação dos Agentes Nocivos

CÓDIGO	AGENTE NOCIVO	TEMPO DE EXPOSIÇÃO
2.0.0	AGENTES FÍSICOS Exposição acima dos limites de tolerância especificados ou às atividades descritas.	-
2.0.2	VIBRAÇÕES a) trabalhos com perfuratrizes e martelinhos pneumáticos.	25 ANOS

Fonte: Brasil, 1999

Segue abaixo a tabela 6, com valores dados em $m.s^{-2}$ para exposição a vibração de mãos e braços das principais referências bibliográficas utilizadas atualmente.

Tabela 6 - Níveis de aceleração

ACGIH (TLV 2021)		ISO 5349 – 1 2001		NR 15 / NR 9 2021		NHO 10		Decreto 3049/99	
LEO	NA	LEO	NA	LT	NA	LEO	NA	LEO	NA
5	2,5	Não possui LEO/NA		5	2,5	5	2,5	Qualitativo e critérios da NR 15.	

Fonte: Próprio autor, 2021

De forma geral na tabela 5, é possível comparar e observar uma harmonização entre os valores de referência / Limites de Tolerância e as principais referências internacionais.

2.4 RECOMENDAÇÕES DE MEDIDAS DE CONTROLE PARA EXPOSIÇÕES A VMB'S

A NHO 10, traz na tabela 7, recomendações para auxiliar o julgamento técnico na

tomada de decisão, quanto as ações a serem adotadas de antes aos resultados da exposição a vibrações de mãos e braços:

Tabela 7 - Critério de julgamento e tomada de decisão

Aren (m/s²)	Consideração Técnica	Atuação Recomendada
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente
>2,5 a <3,5	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas
3,5 a 5,0	Região de Incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: Brasil, 2013, p. 63

Brasil (2013), através da tabela 7, subdividiu as recomendações em quatro faixas de exposição: Aceitável (quando a exposição não superar o nível de ação), significa que a exposição está controlada, nenhum controle adicional é necessário, porém é recomendado manter no mínimo as condições existentes; As duas próximas faixas de exposição situam-se entre o Nível de Ação (NA) e o Limite de Exposição Ocupacional (LEO), a primeira faixa de 2,5 a 3,5 m/s², recomenda-se a adoção de medidas preventivas, a segunda faixa entre 3,5 e 5 m/s², essa é considerada uma região de incerteza, pois está bem próximo ao LEO, onde já é recomendado medidas de controle preventivas e inclui as corretivas, com o objetivo de reduzir a exposição diária; Por último, a condição que encontra-se acima do LEO, em que as medias corretivas devem ser adotadas imediatamente.

Segundo Brasil (2013), as definições de medidas preventivas são medidas necessárias para mitigar a probabilidade da exposição provocar uma possível lesão ao sistema mão-braço de modo que o LEO também seja respeitado. Já as medidas corretivas, são medidas adotadas de maneiras imediatas, com potencial de influenciar imediatamente no nível de exposição dos empregados.

Brasil (2021a), lista dentro do Anexo 1 da NR 09, um conjunto de ações preventivas que podem ser adotados para essa natureza de exposição:

- Monitoramento constante da exposição (garantindo que o LEO não está sendo ultrapassado);
- Informar (orientações e treinamentos) aos empregados os riscos que estão expostos, bem como a medidas de controles adotadas para mitigar os riscos;
- Monitorar os possíveis efeitos a saúde dos trabalhadores;
- Adoção de métodos alternativos a fontes de vibração.

Conforme Brasil (2021a), no Anexo 1 da NR 09, os conjuntos de ações corretivas (respeitando a hierarquia de controle, vide figura 5) a serem adotados são:

Figura 5 - Hierarquia de controle de riscos



Fonte: Santos, 2019, p. 47

- Alterar as características do processo: substituir as ferramentas de trabalho,

alterar a rotina ou procedimentos operacionais, velocidade de trabalho das ferramentas;

- Reduzir diariamente o tempo de exposição;
- Alternar com atividades que exponham a menor nível de vibração;

Brasil (2019a), no Anexo 1 da NR 09, não exclui a possibilidade de outras medidas de caráter corretivo além das já citadas.

Santos (2019), escreve que se as ações de engenharia e / ou administrativos não forem suficientes para controlar a exposição a níveis aceitáveis, recomenda-se o fornecimento do Equipamento de Proteção Individual (EPI).

Brasil (2018), na NR 06, define “Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”. Comumente aceito, o EPI não evita acidente ou doença, esse tem como função atenuar exposição ou lesões.

Gonçalves (2015), cita a existência de luvas antivibratórias, essas tem o potencial de mitigar o nível de vibração absorvidas pelas mãos e braços, porem o autor ainda cita que este EPI parâmetro objetivo onde possa afirmar a sua eficácia quando a redução da exposição abaixo dos LEO (conforme figura 6).

Figura 6 - Luva antivibração



Fonte: Gonçalves, 2015, p. 42

2.5 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A VMB

Segundo Brasil (2019a), no Anexo 1 da NR 09 descreve que deve ser feita uma avaliação preliminar da exposição, devendo contemplar os seguintes itens:

- a)** ambientes de trabalho, processos, operações e condições de exposição;
- b)** características das máquinas, veículos, ferramentas ou equipamentos de trabalho;
- c)** informações fornecidas por fabricantes sobre os níveis de vibração gerados por ferramentas, veículos, máquinas ou equipamentos envolvidos na exposição, quando disponíveis;
- d)** condições de uso e estado de conservação de veículos, máquinas, equipamentos e ferramentas, incluindo componentes ou dispositivos de isolamento e amortecimento que interfiram na exposição de operadores ou condutores;
- f)** estimativa de tempo efetivo de exposição diária;
- g)** constatação de condições específicas de trabalho que possam contribuir para o agravamento dos efeitos decorrentes da exposição;
- h)** esforços físicos e aspectos posturais;
- i)** dados de exposição ocupacional existentes;
- j)** informações ou registros relacionados a queixas e antecedentes médicos relacionados aos trabalhadores expostos.

O primeiro passo é determinar as componentes da exposição, a definição apresentada pela NHO 10 para componente da exposição é (FUNDACENTO, 2013, p. 14):

“Parte da exposição diária que pode ser representada por um único valor da aceleração resultante de exposição parcial (arep). A componente de exposição pode ser decorrente de uma única operação ou consequência de duas ou mais operações executadas de forma sequencial”.

A exposição diária poderá ter apenas uma componente, duas ou mais. A quantidade de componentes será definida após uma minuciosa análise qualitativa da exposição.

O procedimento técnico determina que as exposições (componentes) não rotineiras, ou seja, que não acontecem diariamente devem ser estudas separadamente (FUNDACENTO, 2013).

Santos (2019), após definido o ciclo ou ciclos de exposição deve-se proceder com a medição dos níveis de aceleração. As medições de vibração de mãos e braços devem ser realizadas, utilizando um sistema que permita calcular a aceleração resultante da exposição dos três eixos ortogonais (x,y,z), esse sistema deverá possuir medidores integradores e transdutores (acelerômetros) para cada um dos eixos conforme figura 7.

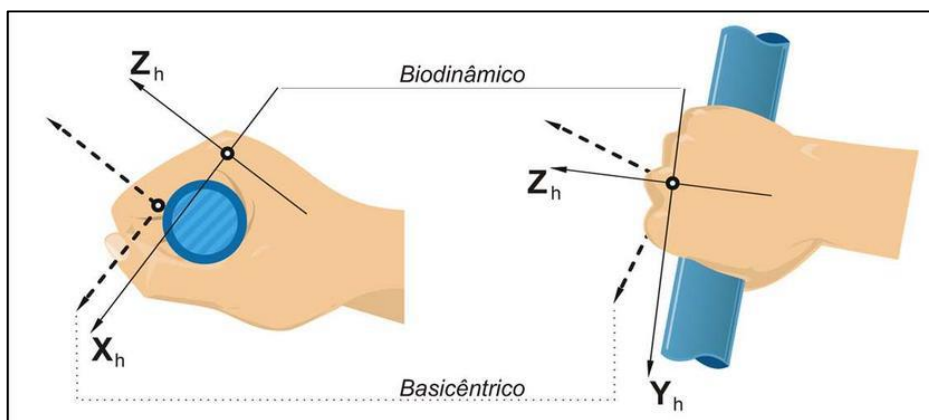
Figura 7 - Exemplo de tipos de acelerômetros triaxiais e montagem



Fonte: Brasil, 2013, p. 32

Na figura 8, Santos (2019), exemplifica o sistema de coordenadas biodinâmico e basicêntrico.

Figura 8 - Sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços



Fonte: Santos, 2019, p. 33

Segundo Cunha (2006), existe vários tipos de adaptadores (para palma, mão e punho), que podem auxiliar os procedimentos amostrais (vide figura 9).

Figura 9 - Principais tipos de adaptadores disponibilizados por vários fabricantes



Fonte: Cunha, 2006, p. 43

Brasil (2013), através da NHO 10, orienta que a mediação deve cobrir todos os ciclos de trabalho possíveis, devendo a arep ser repetida pelo menos três vezes, não existindo três ou mais ciclos, essa deverá contemplar no mínimo os existentes, no final deve-se fazer uma média aritmética das acelerações médias obtida em cada repetição.

Quando a exposição possuir duas ou mais componentes, essas também deverão ser cuidadosamente avaliadas e no final deverá ser feito o somatório de todas as Arep (componentes da exposição). O resultando será o Are que deverá ser

normalizado para uma exposição diária de oito horas (GONÇALVES, 2015)

Segundo Rocha e Bastos (2016), após concluir os procedimentos amostrais, e de posse dos resultados é possível fazer melhor análise crítica da exposição, entender os eixos predominantes (que tiveram maiores níveis de aceleração) e realizar as recomendações de melhorias técnicas quando aplicáveis.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas em uma empresa de transporte da região que possui no interior de suas dependências físicas uma oficina automotiva que conta com o setor de borracharia, de forma a avaliar a atividade de sacar, parafusar e conferir o aperto dos parafusos das rodas dos veículos e equipamentos industriais móveis (equipamentos autopropelidos).

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

3.1.1 Características e configuração do medidor de vibração

Monitor SV106 da marca Svantek (Polônia) modelo SV 106 (vide figura 10):

Figura 10 - SV 106 da Marca Svantek



Fonte: Svantek, 2021a

- Satisfaz os requisitos da norma ISO 8041:2005 Human response to vibration: measuring instrumentation;
- Dotado de acelerômetro de mãos triaxiais SV105, devidamente aferido;

Figura 11 - Acelerometro triaxial, adaptador para mãos SV 105 da Marca Svantek



Fonte: Svantek, 2021b

- Registrador gráfico e do espectro da frequência em bandas de uma oitava (1/1) e um terço de oitava (1/3);
- Possibilidade de realizar medições simultâneas das vibrações localizadas e de corpo inteiro; e
- Filtros de ponderação da frequência e dos eixos.

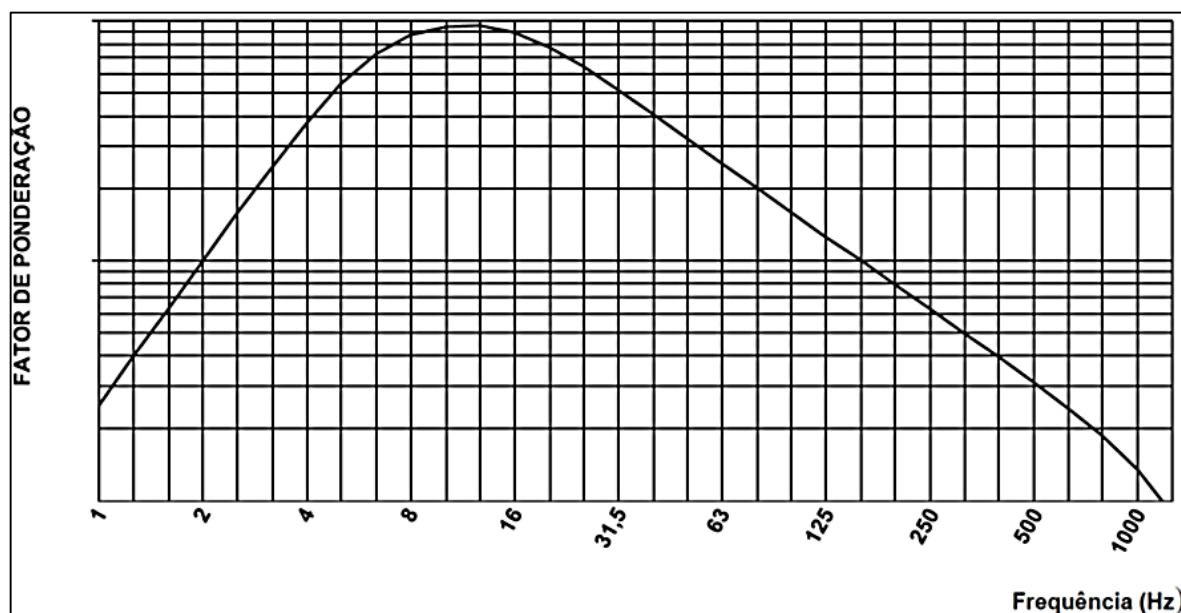
As vibrações de mãos e braços são transmitidas pela estrutura dos equipamentos manipulados, o monitor de vibração foi programado para mensurar a aceleração conforme orientação das normas para avaliação de vibração de mãos e braços, a programação encontra-se descrita na tabela 8.

Tabela 8 - Configuração do perfil de medição

Parâmetro	Perfil NHO 10
Ponderação dos eixos “x”, “y” e “z”	K =1
Ponderação da frequência dos eixos “x”, “y” e “z” (Vide figura 12)	W_h

Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 12 - Curva de ponderação em frequência para vibração transmitida a mãos e braço Wh, adaptada da ISSO 8041:2005



Fonte: Brasil, 2013, p. 18

3.1.2 Parafusadeira pneumática

Parafusadeira pneumática (conforme figura 13), marca King Tony, modelo Chave de Impacto 1" - 33832, peso 15 Kg, rotação 5000 RPM, pressão máxima 90 PSI, torque máximo 2000 FT/LBS, entrada de ar de 9,8 bar de pressão.

Figura 13 - Parafusadeira pneumática King Tony



Fonte: Próprio autor (2021)

3.2 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM

Após análise preliminar, determinou-se os ciclos de exposição, procurou-se mensurar três ciclos daqueles que fazem para dá componente de exposição, em função do número de repetições ter sido superior a três, para se obter representatividade estatística nas amostragens.

Posicionou-se então o acelerômetro na mão palma da mão direita do profissional que amostrado, conforme figura 14.

Figura 14 - Posicionamento do acelerômetro na palma da mão antes de iniciar a avaliação



Fonte: Próprio autor (2021)

Na sequência o avaliador, passou todas as orientações / instruções dos procedimentos amostrais para o monitorado, o monitorado posicionou-se a ferramenta junto ao parafuso, e após o avaliador iniciar a medição o monitorado iniciou a tarefa de soltar e apertar parafusos, vide figura 15.

Figura 15 - Avaliação da atividade de soltar e apertar parafusos



Fonte: Próprio autor (2021)

Mediante a medição das componentes de exposição foram obtidos a Aceleração Média de determinado Eixo – am_{jki} calculada pelo monitor de vibração por meio das equações 1.

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

Onde:

- 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”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”, correspondente aos valores am_x , am_y ou am_z
- $a_j(t)$ Valor da aceleração instantânea ponderada em frequência, no instante de tempo “t”, expressa em m/s^2 , segundo um determinado

eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”, correspondente aos valores $a_x(t)$, $a_y(t)$ ou $a_z(t)$

$t_2 - t_1$ Intervalo de medição

A Aceleração Resultante da Exposição Normalizada – a_{ren} , utilizada para avaliar a exposição a vibração localizada de mãos e braços, é calculada conforme abaixo:

Cálculo da a_{ren}

Após a medição da a_{mjk} através do monitor de vibração, foi calculada a Aceleração Média Resultante – a_{mrk} dos eixos de determinada amostra “k” para uma dada componente de exposição “i” por meio da equação 6. Visto que a aceleração é um parâmetro vetorial, deve-se estabelecer o vetor resultante dos eixos, considerando que cada eixo é ponderado pelo fator K, este último em conformidade com a tabela 7.

$$a_{mr_{ik}} = \sqrt{(K_x a_{m_x})^2 + (K_y a_{m_y})^2 + (K_z a_{m_z})^2} \quad [m/s^2] \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

- $a_{mr_{ik}}$ Aceleração resultante que corresponde a raiz da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”
- a_{m_j} Raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”, correspondente aos valores a_{m_x} , a_{m_y} ou a_{m_z}
- K_j Fator de ponderação em função do eixo considerado ($K = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e $K = 1,0$ para o eixo “z”)

Na sequência, é estabelecida a Aceleração Resultante da Exposição Parcial – a_{repi} a partir da média aritmética das amostras “k” para uma dada componente de

exposição “i” por meio da equação abaixo.

$$arep_i = \frac{\sum_{k=1}^s amr_{ik}}{s} \quad [m/s^2] \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

- $arep_i$ Aceleração resultante correspondente a média aritmética da aceleração das amostras de uma dada componente de exposição “i”, em m/s^2
- amr_{ik} Aceleração resultante que corresponde a raiz da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”

Em seguida, a Aceleração Resultante da Exposição – are é calculada a partir da média ponderada das $arep_i$ em função das diferentes repetições e tempos de exposição.

$$are = \frac{\sqrt{\sum_i^m n_i \times arep_i^2 \times T_i}}{T} \quad [m/s^2] \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

- are Aceleração resultante da exposição que corresponde a média ponderada das acelerações resultantes de diferentes componentes de exposição em função do tempo
- $arep_i$ Aceleração resultante correspondente a raiz da soma dos quadrados dos eixos de uma dada componente de exposição “i”, ou a aceleração resultante correspondente a média aritmética da aceleração das amostras de uma dada componente de exposição “i”, em m/s^2
- 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”, em horas, minutos ou segundos

T Tempo de duração da jornada diária de trabalho, em horas, minutos ou segundos

Por fim, a are deve ser normalizada para uma jornada diária padrão de 8 horas para que possa ser comparada com o limite de exposição determinado também para jornada diária de 8 horas, resultando na Aceleração Resultante da Exposição Normalizada – $aren$, expressa pela equação 6.

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

Onde:

$aren$ Aceleração resultante de exposição – are convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas

are Aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas componentes de exposição

T Tempo de duração da jornada diária de trabalho, em minutos

T_0 Tempo de duração da jornada padrão, 480 minutos

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 9, apresenta os resultados das avaliações quantitativas, extraídas dos registros de dados da memória do equipamento e gerados a partir do software Supervisor (Svanp ++) da Svantek.

Tabela 9 - Resultado das medições dos eixos ortogonais

Identificação da amostra	Tempo medido (minutos)	Resultado das medições (m/s ²)			
		x	y	z	Σxyz
Ciclo 1	0,8	4,097	4,290	3,577	6,627
Ciclo 2	1,0	3,837	4,281	4,188	7,133
Ciclo 3	0,9	3,101	3,459	3,648	5,907
Média aritmética (Arep):		3,68	4,01	3,80	6,649

Fonte: Próprio autor (2021)

Após análise dos dados apresentados na tabela 9, é possível observar que o eixo y (com exceção do ciclo 3) foi o predominante, sendo o de maior representatividade. As somas vetoriais de todos os três ciclos de exposição superam o LEO / LT, consequentemente o resultado da Aceleração resultante de exposição parcial (Arep) obtido através da média aritmética das Aceleração média resultante (Amr) também superou o LEO / LT.

A partir dos resultados da tabela 9 foi possível chegar aos resultados do ARE e AREN, descritos na tabela 10.

Tabela 10 - Resultado consolidado da medição

Número de repetições	Tempo total exposto	Arep	Are	Aren
100	87,3 minutos	6,649 m/s ²	6,649 m/s ²	2,836 m/s ²

Fonte: Próprio autor (2021)

Após concluir o cálculo do Arep, calculou-se a Aceleração resultante da exposição (Are), para o estudo em questão o Are foi exatamente igual ao Arep, em função da exposição a vibração de mãos e braços avaliada ter apenas uma componente de exposição.

Os procedimentos técnicos recomendam que qualquer conclusão somente deve ser feita após fazer a normalização da exposição. Após converter o Are para Aceleração resultante da exposição normalizada (Aren), chegou-se uma exposição correspondente a 2,836 m/s².

O Aren de 2,836 m/s², superou o Nível de Ação (correspondente a 2,5 m/s²) e situou-se abaixo do Limite de Tolerância (correspondente a 5,0 m/s²). As considerações técnicas que o Anexo 1 da NR 9 e a NHO 10 da Fundacentro permite considerar sobre essa exposição é que a mesma encontra-se no Nível de Ação, onde medidas preventivas devem ser adotadas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou analisar os potenciais efeitos à saúde dos trabalhadores expostos as Vibrações de Mãos e Braços e avaliar possíveis medidas de controle, para mitigar os riscos ocupacionais, frutos de exposições que estejam acima dos valores de referência (Nível de Ação e Limites de Tolerância).

A pesquisa acadêmica, permitiu concluir que, trabalhadores diariamente expostos a vibrações mecânicas, transmitidas manualmente acima do Limites de Exposição Ocupacional, tem potencial de ser acometidos por doenças ocupacionais, algumas dessas doenças que podem vir a acometer tais trabalhadores são: formigamento, palidez, picada, queimadura, gangrena, degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, perda da capacidade manipulativa, o tato das mãos, esbranquiçamento dos dedos (originando o fenômeno “dedo branco” ou doença de *Raynaud*).

As medidas preventivas e corretivas são ações que devem fazer parte de um planejamento para controlar / reduzir os riscos de tais doenças vir a manifestar. Sugestivamente pelas normas técnicas (NR 9 – Anexo 1 e NHO 09), as medidas preventivas devem ser adotadas quando a exposição situar em uma determinada faixa do NA (exposições que situam acima de $2,5 \text{ m/s}^2$ e abaixo de $3,5 \text{ m/s}^2$), embora o NA seja qualquer valor acima de 50% do LEO e abaixo dele, as normas prevencionista tratam como uma região de incerteza exposições com valores que situam-se entre $3,5$ e $5,0 \text{ m/s}^2$, devendo ser adotadas medidas preventivas e corretivas. Quando o LEO ($5,0 \text{ m/s}^2$) for ultrapassado deve-se adotar imediatamente as medidas corretivas.

- Medidas Preventivas: Monitoramento constante da exposição; orientações e treinamentos aos empregados; monitorar possíveis efeitos à saúde; métodos alternativos as fontes de vibração.
- Medidas Corretivas: substituir ferramentas de trabalho, alterar procedimentos operacionais, velocidade de trabalho das ferramentas; reduzir o tempo de exposição; alternar com atividades que exponham a menor nível de vibração;

O estudo de caso, avaliou a exposição de um profissional que atua na borracharia do setor de uma oficina automotiva de uma empresa de transportes da região, onde o profissional utiliza uma parafusadeira pneumática no processo de apertar e desapertar parafusos de roda de caminhão. O resultado da exposição foi: A_{re} igual a $6,649 \text{ m/s}^2$ e A_{ren} igual a $2,836 \text{ m/s}^2$, onde foi possível concluir que a exposição situou acima do NA, porém abaixo do LEO. Legalmente, essa exposição não pode ser considerada insalubre ou dar direito a aposentadoria especial, por não ultrapassar o Limite de Tolerância ($5,0 \text{ m/s}^2$), de qualquer forma é sugestivo a adoção de medidas preventivas. Além das medidas preventivas sugestivas, recomenda-se a redução do tempo exposto ou quando não possível utilização de luvas antivibração, como forma de controlar a exposição e reduzir o nível de exposição a valores abaixo NA.

Para próximos estudos, sugere-se avaliar as exposições de mãos e braços, levando em consideração a atenuação das luvas anti vibração, segundo Volk do Brasil (2018), a luva Gorila Volk tem potencial de atenuar até 40% das vibrações em alta frequência e 13% as de média frequência.

REFERÊNCIAS

ACGIH - CONFERÊNCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIAIS GOVERNAMENTAIS. **TLVs e BEIs**: baseados na documentação dos limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs). Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO, 2021.

ABREU & OLIVEIRA. Automação, Monitoração de Vibração e Ambiental, PROVIB TECH. Innobative Machine Monitoring Preditec, “Análise de Vibração”. Acessado em 20 jul.2021.

BÍBLIA SAGRADA. **Bíblia Sagrada**: edição pastoral. São Paulo: Paulus, 1998.

BRAGA, Cristiano Augusto da Costa. **Exposição Ocupacional a Vibração no Sistema Mão – Braço no Sector da Construção**. 2007. 112 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) – Universidade do Porto. Porto, 2007. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12734/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 20 jul.2021.

BRASIL, **Consolidação das Leis do Trabalho – CLT**. Brasília, 1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm>. Acessado em: 30 jul. 2021.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 06**: Equipamentos de Proteção Individual - EPI. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>>. Acessado em: 30 jul. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 09**: Programa de prevenção de riscos ambientais. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-09-atualizada-2019.pdf>>. Acessado em: 30 jul. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 15**: Atividades e operações insalubres. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15.pdf>>. Acessado em: 30 jul. 2021.

BRASIL. Norma de higiene ocupacional - NHO 10: **Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços**: procedimento técnico. São Paulo: Fundacentro, 2013. Disponível em: <http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/AQP-LEUS9PB3GF9CJH8H9F3HG9U2V6C.pdf>. Acessado em: 30 jul. 2021.

CUNHA, Irlon de Ângelo. **Exposição Ocupacional a Vibração de Mãos e Braços em marmoraria no município de São Paulo: Proposição de procedimento**

alternativo de medição. 2006. 171 f. Tese (Doutor em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

GONÇALVES, Felyppe Blum. **Avaliação da Vibração e Ruído Ocupacionais no Fresamento de Pisos Industriais.** 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado em Pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1327/1/CT_PPGEC_Gon%c3%a7alves%2c%20Felyppe%20Blum_2015.pdf>. Acesso em: 20 jul.2021.

OLIVEIRA, Filipe Sanches; PAULA, Gerson Evaristo de Jr; RIBEIRO, Johnne Candido; LINHARES, Rodrigo de Freitas; SILVA, Tardeles Henrique. **Análise de vibrações mecânicas aplicadas em rolamentos.** Coronel Fabriciano, out. 2009

ROCHA, Rosemberg Silva Lopes; BASTOS, Marcos André Castro de Azevedo. **Higiene ocupacional ao alcance de todos.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia, 2016. 462 p.

SANTOS, Carlos Eduardo. **Avaliação da Vibração das Mãos e Braços na Operação de Roçadeira.** 2019. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso de Higiene Ocupacional. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1j71O-JE2U7LXbg9HbMa8zB4OhdpbAXtS/view>>. Acesso em: 20 jul.2021.

SOEIRO, Newton Sure. Vibrações e o Corpo Humano: uma avaliação ocupacional. In: I Workshop de Vibrações e Acustica da Região Norte, 10., 2011, Tucuruí. **Anais...** Tucuruí.

SOUSA, Valdiney C. Exposição Trêmula, Uso de Valores declarados de emissão de Vibração em Análise Preliminar. **Revista CIPA & Incêndio**, São Paulo, v. 494, p. 68 – 73, mar. 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/posts/valdiney-sousa-29873428_an%C3%A1lise-preliminar-de-perigo-para-vibra%C3%A7%C3%A3o-activity-6778840164128051200-h2rM>. Acesso em: 20 jul.2021.

SOUSA, Valdiney C. Tremor Ocupacional, Critérios adicionais para avaliação de vibração transmitida manualmente. **Revista CIPA & Incêndio**, São Paulo, p. 76 – 83, mai. 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/posts/valdiney-sousa-29873428_crit%C3%A9rios-adicionais-para-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-vloc-activity-6790403559180517376-gN3r>. Acesso em: 20 jul.2021.

SVANTEK. **SV 106A Analisador de Vibração Humana.** Disponível em: <<https://svantek.com/pt/products/sv-106a-analisador-de-vibracao-humana>>. Acesso em: 20 jul.2021.

SVANTEK. **SV 105 – Hand-Arm adapter with triaxial accelerometer for SV 106A.** Disponível em: < <https://svantek.com/accessories/sv-105c-hand-arm-adapter-with-triaxial-accelerometer-for-sv-106a/>>. Acesso em: 20 jul.2021.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Agentes Físicos I, eHO-102**, 2020, 170p.

VOLK. **GORILA VOLK: Luva de segurança anti-vibração**. FICHA TÉCNICA. Disponível em: < <https://volkdobrasil.com.br/wp-content/uploads/2021/02/10.30.063.07-GORILA.pdf>>. Acessado em: 30 jul. 2021.

APÊNDICE - REGISTRO DE DADOS DO INSTRUMENTO DO RESULTADO DO CICLO 1



Avaliação de Vibração de Mãos e Braços

Nome do Projeto	Empresa da Região Metropolitana de BH
Nome do usuário	VMB 1.1.1

Configuração do instrumento

Início da Medição	12/07/2021 10:03:28	
Tempo decorrido de Medição [HH:MM:SS]	00:00:48	
Tipo da Unidade	SV 106	
Unit S/N	46297	
Integração Leq/RMS	Linear	
Vibração dose eixo X (4-6)	4	
Vibração dose eixo Y (4-6)	5	
Vibração dose eixo Z (4-6)	6	
Tempo de exposição à dose de vibração (4-6)	08:00:00	
Descrição	Canal	Valor
Filtro	4	Wh
Filtro	5	Wh
Filtro	6	Wh

Resultados Totais

	No.	1
	Data & hora de início	12/07/2021 10:03:28
	Duração	00:00:48.000
		Tempo decorrido 48 s
Ch4 (VLM)	ahw [m/s ²]	4,097
Ch5 (VLM)	ahw [m/s ²]	4,290
Ch6 (VLM)	ahw [m/s ²]	3,577

APÊNDICE - REGISTRO DE DADOS DO INSTRUMENTO DO RESULTADO DO CICLO 2



Avaliação de Vibração de Mãos e Braços

Nome do Projeto	Empresa da Região Metropolitana de BH
Nome do usuário	VMB 1.1.2

Configuração do instrumento

Início da Medição	12/07/2021 10:04:54	
Tempo decorrido de Medição [HH:MM:SS]	00:00:58	
Tipo da Unidade	SV 106	
Unit S/N	46297	
Integração Leq/RMS	Linear	
Vibração dose eixo X (4-6)	4	
Vibração dose eixo Y (4-6)	5	
Vibração dose eixo Z (4-6)	6	
Tempo de exposição à dose de vibração (4-6)	08:00:00	
Descrição	Canal	Valor
Filtro	4	Wh
Filtro	5	Wh
Filtro	6	Wh

Resultados Totais

	No.	1
	Data & hora de início	12/07/2021 10:04:54
	Duração	00:00:58.000
		Tempo decorrido 58 s
Ch4 (VLM)	ahw [m/s ²]	3,837
Ch5 (VLM)	ahw [m/s ²]	4,281
Ch6 (VLM)	ahw [m/s ²]	4,188

APÊNDICE - REGISTRO DE DADOS DO INSTRUMENTO DO RESULTADO DO CICLO 3



Avaliação de Vibração de Mãos e Braços

Nome do Projeto	Empresa da Região Metropolitana de BH
Nome do usuário	VMB 1.1.3

Configuração do instrumento

Início da Medição	12/07/2021 10:10:04	
Tempo decorrido de Medição [HH:MM:SS]	00:00:52	
Tipo da Unidade	SV 106	
Unit S/N	46297	
Integração Leq/RMS	Linear	
Vibração dose eixo X (4-6)	4	
Vibração dose eixo Y (4-6)	5	
Vibração dose eixo Z (4-6)	6	
Tempo de exposição à dose de vibração (4-6)	08:00:00	
Descrição	Canal	Valor
Filtro	4	Wh
Filtro	5	Wh
Filtro	6	Wh

Resultados Totais

	No.	1
	Data & hora de início	12/07/2021 10:10:04
	Duração	00:00:52.000
		Tempo decorrido 52 s
Ch4 (VLM)	ahw [m/s ²]	3,101
Ch5 (VLM)	ahw [m/s ²]	3,459
Ch6 (VLM)	ahw [m/s ²]	3,648