

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**FELYPPE BLUM GONÇALVES**

**AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO E RUÍDO OCUPACIONAIS NO FRESAMENTO  
DE PISOS INDUSTRIAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**CURITIBA  
2015**

**FELYPPE BLUM GONÇALVES**

**AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO E RUÍDO OCUPACIONAIS NO FRESAMENTO  
DE PISOS INDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

**CURITIBA  
2015**

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

G635a Gonçalves, Felyppe Blum  
2015 Avaliação da vibração e ruído ocupacionais no fresamento  
de pisos industriais / Felyppe Blum Gonçalves.-- 2015.  
102 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia  
Civil, Curitiba, 2015.

Bibliografia: f. 91-95.

1. Ruído industrial - Medição. 2. Vibração - Medição. 3.  
Pisos - Manutenção e reparos. 4. Higiene do trabalho - Normas.  
5. Segurança do trabalho - Normas. 6. Ruído - Efeito  
fisiológico. 7. Construção civil - Equipamento e acessórios -  
Testes. 8. Engenharia civil - Dissertações. I. Catai, Rodrigo  
Eduardo, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. III.  
Título.

CDD 22 -- 624

---

**Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba**



**TERMO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO N.º

**AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO E RUÍDO OCUPACIONAIS NO FRESAMENTO DE PISOS  
INDUSTRIAIS**

POR

**FELYPPE BLUM GONÇALVES**

Esta dissertação foi apresentada às 14h00 do dia 23 de março de 2015, como requisito parcial para a obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL**, área de **CONSTRUÇÃO CIVIL**, linha de pesquisa de **SISTEMAS DE PRODUÇÃO**, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado [aprovado / reprovado]

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catal  
(Orientador - UTFPR)

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano.  
(UTFPR)

Prof. Dr. Thyago Valle França  
(UNESP)

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Ronaldo Luis dos Santos Izzo  
Coordenador do PPGEC

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Luiz e Deyze, sempre presentes em minha vida e que juntos, formam os pilares de toda a minha formação pessoal, indicando sempre a direção correta a ser tomada na trilha da vida.

Não poderia deixar de citar minhas irmãs, Sibelly e Fattyima, detentoras de grande sabedoria e alegria em nossas constantes conversas.

Por último e não menos especial por isto, dedico a minha noiva e futura esposa, Joyce, que com sua compreensão, carinho e companhia foi essencial para a conclusão deste estudo.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos amigos de longa data Douglas Magnus, Guilherme Matoso, Hilbert Blum e Felipe Sanches.

Agradecimento especial aos amigos Bigode, Russo e Felipão na contribuição para a coleta de dados.

Aos professores Mario Takao Inoue e Rodrigo Eduardo Catai.

Aos amigos Rodrigo Meister, Paulo Augusto, Gustavo Klenk, Olivia Oliveira e Ricardo Villas Boas.

Agradecimento especial a minha chefe, Maria Cristhina a qual sempre incentivou o avanço dos meus estudos.

Ao Sistema FIEP que proporcionou a oportunidade de realizar este mestrado.

## RESUMO

A constante mudança nos meios de trabalho ocorre devido a evolução tecnológica e industrial. Entretanto, com o advento de tais inovações, dificilmente o trabalhador da indústria não é submetido aos mais variados riscos ocupacionais resultantes dos processos produtivos. Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar os níveis de vibração e de ruído aos quais os trabalhadores de uma empresa do setor da construção civil, especializada na manutenção e reformas de pisos industriais, estavam expostos durante suas jornadas de trabalho em duas frentes de trabalho. As medições foram realizadas em locais e dias distintos nos municípios de Curitiba e de São José dos Pinhais, ambos no estado do Paraná. Para a avaliação da vibração ocupacional, utilizou-se um acelerômetro junto ao trabalhador e um sensor triaxial acoplado na empunhadura dos equipamentos objeto de estudo, que foram duas diferentes fresadoras de piso. Posteriormente os dados foram processados e comparados com o novo texto do Anexo nº 08 da Norma Regulamentadora NR-15, apresentado para consulta pública pelo Ministério do Trabalho e Emprego entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014. Já para a medição do ruído utilizou-se um dosímetro de ruído junto ao trabalhador, cujo resultado final possibilitou a comparação com o Anexo nº 01 da mesma Norma Regulamentadora. Os resultados finais indicaram níveis de exposição excessivos, superiores aos limites de tolerância determinados pela Legislação, tanto para vibração quanto para o ruído, gerando insalubridade para os trabalhadores expostos, em todos os locais onde foram realizadas as medições.

**Palavras chaves:** Vibração; Ruído; Riscos; Higiene Ocupacional; Insalubridade.

## ABSTRACT

The constant change in the means of work is done by technological and industrial developments. However, with the advent of such innovations, hardly the work of the industry is not subject to a variety of occupational hazards resulting from production processes. Given this context, the present study aimed to monitor the working hours of the employees of a company in the construction industry, specializing in industrial floor maintenance and renovations, as exposure of vibration and noise on two fronts work in the cities of Curitiba - PR and São José dos Pinhais – PR. The program took place in two locations and on different days. The workday adopted by the company is six hours daily. For the evaluation of vibration, we used accelerometer with the worker and coupled to the handle of the equipment object of study, a mill floor, triaxial sensor subsequently the data were processed and compared with the new text of Annex No. 08, NR 15, submitted for public consultation by the Ministry of Labour and Employment in the months of January and February 2014. As for noise measurement used a dosimeter with the worker, whose final results enabled comparison with the regulatory norm 15 - Annex No. 01. The final results indicate excessive exposure to the tolerance specified by the legislation, both vibration and sound pressure level, featuring unhealthy at all locations where measurements were performed.

**Key - words:** Vibration; Noise; Risk; Evaluation; Unhealthy



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VALORES NATURAIS DE FREQUÊNCIA NO CORPO HUMANO.....	22
FIGURA 2 - VIBRAÇÕES DE MÃOS E BRAÇOS .....	25
FIGURA 3 - DIREÇÕES DE MEDIÇÃO PARA CORPO INTEIRO, CONFORME ISO 2631 .....	26
FIGURA 4 - DIREÇÕES DE MEDIÇÃO PARA EXTREMIDADES, CONFORME ISO 5349 .....	26
FIGURA 5 - CURVA DE PONDERAÇÃO PARA VIBRAÇÕES DE MÃOS E BRAÇOS .....	28
FIGURA 6 - CURVA DE PONDERAÇÃO PARA VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO .....	28
FIGURA 7 - ESQUEMA DO FENÔMENO DE RAYNAUD .....	35
FIGURA 8 - AFILAMENTO E DEDOS BRANCOS, SINTOMAS DO FENÔMENO DE RAYNAUD... 36	
FIGURA 9 - VALORES PARA APARECIMENTO DA SÍNDROME DOS DEDOS BRANCOS.....	38
FIGURA 10 - PRINCIPAIS PARÂMETROS ASSOCIADOS ÀS VIBRAÇÕES .....	40
FIGURA 11 - LUVAS ANTIVIBRATÓRIAS .....	42
FIGURA 12 - RUÍDO CONTÍNUO FONTE: GALLINA <i>ET AL.</i> (2005) .....	43
FIGURA 13 - RUÍDO DE IMPACTO.....	44
FIGURA 14 - TIPOS DE FREQUÊNCIA .....	47
FIGURA 15 - CURVAS DE COMPENSAÇÃO .....	50
FIGURA 16 - FREQUÊNCIAS CAUSADORAS DE SURDEZ.....	57
FIGURA 17 - PUBLICAÇÕES POR ANO .....	63
FIGURA 18 - PUBLICAÇÕES POR PAÍS .....	64
FIGURA 19 - PISO ANTES DA REFORMA .....	65
FIGURA 20 - RUGOSIDADES NO PISO OCASIONADOS E RESULTADO FINAL .....	65
FIGURA 21 - LAYOUT LOCAL “A” .....	66
FIGURA 22 - LAYOUT LOCAL “B” .....	66
FIGURA 23 - ACCELERÔMETRO UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DA VIBRAÇÃO.....	67
FIGURA 24 - FRESADORA DE PISO, EQUIPAMENTO OBJETO DE ESTUDO.....	68
FIGURA 25 - ACCELERÔMETRO POSICIONADO PARA COLETA DOS DADOS .....	70
FIGURA 26 - COLETA DOS DADOS I .....	71
FIGURA 27 - COLETA DOS DADOS II.....	72
FIGURA 28 - COLETA DOS DADOS III.....	72
FIGURA 29 - MEDIDOR DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA UTILIZADO .....	73
FIGURA 30 - RESULTADO INTEGRAL DA AVALIAÇÃO REALIZADA .....	78
FIGURA 31 - RESULTADO INTEGRAL DA AVALIAÇÃO REALIZADA .....	80
FIGURA 32 - RESULTADO INTEGRAL DA AVALIAÇÃO REALIZADA .....	82
FIGURA 33 - RESULTADO INTEGRAL DA AVALIAÇÃO REALIZADA .....	83
FIGURA 34 - VALORES MÉDIOS CORRESPONDENTES AOS EIXOS X, Y, Z E A(8) .....	84
FIGURA 35 - GRÁFICO MEDIÇÃO LOCAL “A”.....	87
FIGURA 36 - GRÁFICO MEDIÇÃO LOCAL “B” .....	88

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES EUROPEUS ÀS VIBRAÇÕES .....	20
TABELA 2 - FATORES DE PONDERAÇÃO E RESPECTIVAS APLICAÇÕES.....	27
TABELA 3 - INTERVALOS DE FREQUÊNCIA PARA MANIFESTAÇÃO DE EFEITOS POSSÍVEIS..	32
TABELA 4 - VIBRAÇÕES EM APARELHOS PORTÁTEIS MOTORIZADOS. ....	34
TABELA 5 - VALORES ESTABELECIDOS PELA ACGIH PARA VMB.....	37
TABELA 6 - VALORES APRESENTADOS PELA DIRETIVA 2002/44/EU .....	39
TABELA 7 - RUÍDOS E NÍVEIS CORRESPONDENTES DE PRESSÕES SONORAS .....	48
TABELA 8 - LIMITES TOLERÁVEIS A NÍVEIS DE PRESSÃO SONORAS.....	51
TABELA 9 - LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE .....	52
TABELA 10 - DEMONSTRATIVO AVALIAÇÕES.....	70
TABELA 11 - VALORES APRESENTADOS PELAS NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS..	75
TABELA 12 - VALORES ESTABELECIDOS PELA ACGIH PARA VMB .....	76
TABELA 13 - RESULTADOS MEDIÇÕES LOCAL "A" MÁQUINA "1" .....	77
TABELA 14 - RESULTADOS MEDIÇÕES LOCAL "A" MÁQUINA "2" .....	80
TABELA 15 - RESULTADOS MEDIÇÕES LOCAL "B" MÁQUINA "1" .....	81
TABELA 16 - RESULTADOS MEDIÇÕES LOCAL "B" MÁQUINA "2" .....	83
TABELA 17 – COMPARATIVO DOS RESULTADOS .....	84

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - DEFINIÇÃO DA ÁREA, ASSUNTO E TEMA DA PESQUISA.....	61
QUADRO 2 - DECOMPOSIÇÃO DO ASSUNTO E DO TEMA .....	61
QUADRO 3 – PALAVRAS SIMILARES OU SINÔNIMAS .....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACGIH – *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat e Figueiredo

INSS – Instituto Nacional do Seguro Social

ISO – *International Organization for Standardization*

NHO – Norma de Higiene Ocupacional

NR – Norma Regulamentadora

OIT – Organização Internacional do Trabalho

PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

SVMB – Síndrome da Vibração em Mãos e Braços

VCI – Vibração de Corpo Inteiro

VMB – Vibração em Mãos e Braços

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificativas.....	18
1.4 Delimitação do trabalho.....	19
1.5 Estrutura do trabalho.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Vibração.....	20
2.1.1 Grandezas físicas das vibrações.....	22
2.1.2 Tipos de vibrações.....	23
2.1.3 Direção das vibrações.....	25
2.1.4 Quantificação da vibração.....	27
2.1.5 Legislação e normalização pertinentes.....	30
2.1.6 Efeitos das vibrações à saúde do trabalhador.....	33
2.1.7 Limites de tolerância para VMB (Vibração em Mãos e Braços).....	37
2.1.8 Formas de medição.....	39
2.1.9 Instrumentos para medição.....	40
2.1.10 Equipamento de proteção individual.....	41
2.2 Ruído.....	42
2.2.1 Tipos de ruído.....	43
2.2.2 Legislação pertinente.....	44
2.2.3 Decibel.....	45
2.2.4 Intensidade sonora.....	46
2.2.5 Frequência.....	46
2.2.6 Pressão sonora.....	47
2.2.7 Nível de pressão sonora.....	49
2.2.8 Compensação do nível de pressão sonora.....	49
2.2.9 Limites de tolerância quanto ao nível de pressão sonora.....	50
2.2.10 Tempo de exposição.....	51
2.2.11 Formas de medição.....	52

2.2.12 Instrumentos para medição.....	54
2.2.13 Equipamentos de proteção individual .....	55
2.2.14 Taxa de redução de ruído .....	55
2.2.15 Surdez provocada pelo ruído.....	56
2.2.16 Estado da Arte .....	58
3 METODOLOGIA.....	60
3.1 Bibliometria Scopus.....	60
3.1.1 Resultados das análises dos dados .....	63
3.2 Locais para coleta de dados .....	64
3.3 Instrumento utilizado para avaliação da vibração.....	67
3.4 Características do equipamento objeto de estudo .....	67
3.5 Medição da vibração .....	69
3.6 Locais para coleta de dados do nível de ruído .....	73
3.7 Instrumento utilizado para avaliação do nível de pressão sonora.....	73
3.8 Medição do ruído .....	74
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	75
4.1 Discussões iniciais sobre a análise da vibração localizada (de mão e braço).....	75
4.1.1 Resultados da avaliação local “A” máquina “1” .....	77
4.1.2 Resultados da avaliação local “A” máquina “2” .....	79
4.1.3 Resultados da avaliação local “B” máquina “1”.....	81
4.1.4 Resultados da avaliação local “B” máquina “2”.....	82
4.1.5 Comparativo dos resultados obtidos .....	84
4.1.6 Recomendações quanto às vibrações .....	85
4.2 Nível de pressão sonora .....	86
4.2.1 Resultados da avaliação local “A” .....	86
4.2.2 Resultados da avaliação no local “B” .....	88
5 CONCLUSÃO.....	90
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	91
REFERÊNCIAS .....	92
APENDICE .....	97

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica traz consigo muitos benefícios para a sociedade, mas muitas vezes cria sem querer novos riscos aos trabalhadores. Com o rotineiro advento de inovações fabris, dificilmente o trabalhador da indústria não está submetido a diversos riscos ocupacionais resultantes dos processos produtivos.

Diante deste contexto, o setor da construção civil apresenta características específicas, as quais o diferenciam dos demais setores. A exemplo disto, tem-se a grande variabilidade de tarefas executadas e a baixa qualificação profissional que colaboram diretamente no elevado número de acidentes do trabalho e doenças ocupacionais registrados pelo setor. Estes são ocasionados muitas vezes por agentes físicos inerentes ao processo produtivo, como nível de pressão sonora excessivo, vibrações, pressões anormais e umidade.

Segundo o Ministério da Previdência Social (2012), durante o ano de 2011, foram registrados no Brasil pelo INSS (Instituto Nacional do Seguro Social) cerca de 711,2 mil acidentes do trabalho. Deste total, 46.922 eram acidentes do trabalho e 1.116 doenças ocupacionais registrados pelo setor da construção civil.

Um risco ocupacional encontrado com facilidade na construção civil é a vibração, a qual se caracteriza como agente físico e que, por Lei deve ser controlado e monitorado no ambiente de trabalho. Tal ação é estabelecida pelas Normas Regulamentadoras (NR) 09 e 15 – Anexo nº 08. Porém, esta atividade é ignorada por muitos profissionais da área de segurança do trabalho, por causas diversas, tais como dificuldade de assimilar a legislação aplicável e o alto custo dos aparelhos que permitem mensurar as vibrações transmitidas ao corpo humano.

A vibração pode ser transmitida a partir de ferramentas, maquinários ou instrumentos de trabalho vibratórios para as mãos e braços dos operadores. Tais situações ocorrem, por exemplo, nas indústrias manufatureiras, de mineração e de construção, quando se manipula ferramentas manuais elétricas e pneumáticas e, no trabalho florestal, quando se utiliza moto-serras. Estas vibrações são geralmente transmitidas pela mão e braço para o ombro (ISO, 2001).

A vibração em mãos e braços (VMB) está presente nas operações com ferramentas manuais vibratórias e pode provocar entre outros distúrbios, alterações de ordem vascular, neurológica, osteomuscular e muscular, resultando em prejuízos aos

trabalhadores e às empresas devido a redução da capacidade laboral (BRAMMER, 2002).

A transmissão de vibração para o ser humano resulta em desconforto e perda de eficiência, podendo constituir um risco em potencial para os trabalhadores, uma vez que as vibrações podem desencadear perturbações neurológicas ou musculares, vasculares e lesões ósteo-articulares, no caso das vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e patologias na região lombar e lesões da coluna vertebral, para o caso das vibrações transmitidas a todo o organismo (SOEIRO, 2008).

Outro risco inerente ao setor da construção civil em seus diversos segmentos é o ruído, o qual quando não controlado ou eliminado da atividade, afeta diretamente a saúde e integridade física dos trabalhadores, podendo até mesmo deixar o indivíduo surdo. O ruído é cada vez mais um problema para a sociedade moderna, que muitas vezes cria máquinas inacreditáveis e extremamente eficientes, só que geradoras de elevadíssimos níveis de pressão sonora. Segundo Pereira (2009) em todos os locais de trabalho existem ruídos, os quais podem alcançar ou não níveis de intensidade perigosos para a saúde dos trabalhadores. No tocante à legislação vigente para, quem estipula os limites de tolerância para este agente físico é o Anexo nº 01 da NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego para fins de insalubridade e a NR-09 para fins de controle.

Desta forma neste trabalho apresenta-se uma avaliação dos níveis de vibração e do ruído ocupacional, em trabalhadores da construção civil que utilizam equipamentos denominados "fresadoras de piso", os quais são muito usados neste setor da economia para preparo e manutenção de pisos industriais, comparando os valores encontrados com os permitidos e/ou indicados pela Legislação brasileira existente.



## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a vibração ocupacional e o nível de ruído provenientes da utilização de uma fresadora de pisos utilizada na construção e reformas de pisos industriais.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos para este trabalho determinaram-se:

- Comparar os níveis de vibração no sistema mão braço mensurados na construção e reforma de pisos industriais utilizando equipamento específico – fresadora de piso, com os valores apresentados pelas normas nacionais (principalmente com o novo texto do Anexo nº 08 da Norma Regulamentadora NR-15, apresentado para consulta pública pelo Ministério do Trabalho e Emprego entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014 e internacionais (ACGIH e Diretiva 2002/44/EU);
- Comparar o nível de ruído mensurado na construção e reforma de pisos industriais utilizando equipamento específico – fresadora de piso, com os valores apresentados pelas normas nacionais.
- Comparar os níveis de vibração e ruído encontrados nas duas diferentes fresadoras de piso utilizadas, bem como analisar se houve diferenças significativas entre os equipamentos nos distintos locais em que foram utilizados;
- Gerar recomendações, caso seja necessário, para se minimizar e/ou eliminar os efeitos do ruído e da vibração gerados pelas fresadoras de piso analisadas, no Homem.

### 1.3 Justificativas

No Brasil, inúmeros problemas de ordem ocupacional presentes em diversas etapas da construção civil são temas de estudo e apontados por vários profissionais.

Paralelamente a este cenário há significativa escassez de pesquisas e referências bibliográficas, tendo como tema a vibração ocupacional. Já no campo de atuação dos profissionais de segurança do trabalho, a ausência do monitoramento deste agente deve-se também ao elevado custo de aquisição dos equipamentos para mensurar o agente.

Considerando a complexidade do problema da vibração transmitida à mão – de acordo com a atividade ocupacional – bem como a escassez de dados quantitativos sobre seu efeito à saúde, é difícil propor uma norma firme quanto à avaliação de tal vibração e recomendar o limite de exposição seguro (ISO, 2001).

Flores (2010) salienta a inexistência de registro de estudos desta natureza realizados no Brasil, o que impossibilita a avaliação da real exposição dos trabalhadores brasileiros ao agente e conseqüentemente a extensão dos danos causados à sua saúde. O autor explica que esta situação eleva a gravidade da situação a não inclusão da avaliação da exposição às vibrações nos Programas de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRAs, em parte, devido à dificuldade de realizar avaliações quantitativas diretas nos ambientes de trabalho. Alguns estudos na área vêm sendo desenvolvidos por pesquisadores da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - Fundacentro.

Inerente ao processo produtivo onde a vibração será tema do estudo, faz-se necessária a avaliação do nível de pressão sonora produzida na atividade.

Assim, o presente trabalho apresenta-se como de grande valia para o desenvolvimento de novos estudos sobre o tema e esclarecer dúvidas dos profissionais da área de segurança do trabalho.

#### **1.4 Delimitação do trabalho**

Para o desenvolvimento deste trabalho, tomou-se como base a legislação nacional vigente à época da pesquisa, ou seja, Norma Regulamentadora nº 15 – Anexos 01 e 08. Os referidos anexos possuem base legal, dadas pelas Portarias nº 3214 de 08/06/1978 e nº 12 de 06/06/1983 respectivamente. Bem como os Artigos 189 a 192 da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT – (SZABÓ JUNIOR, 2012).

#### **1.5 Estrutura do trabalho**

O desenvolvimento do presente estudo de caso foi realizado entre 2013 e 2014, recebeu o título de “Avaliação da vibração ocupacional e ruído em atividades de reforma e manutenção de pisos industriais”, esta dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão bibliográfica, Material e métodos, Resultados e discussões e Conclusão.

No primeiro capítulo encontra-se a introdução, objetivos, justificativas e delimitação do trabalho.

No segundo capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica realizada pelo autor, onde consolidou-se todo o embasamento técnico e legal para o desenvolvimento do estudo.

No terceiro capítulo, apresentam-se o material e a metodologia aplicada na pesquisa.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões, estes, tomados com base nos resultados obtidos das avaliações realizadas pelo autor.

São apresentadas no capítulo cinco as conclusões e sugestões de estudos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas no desenvolvimento desta dissertação de mestrado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Vibração

A vibração é um movimento oscilatório de um corpo gerado em função de forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento (SALIBA, 2013).

Segundo Saliba (2004), a exposição à vibração ocupacional não é tão estudada quanto outros agentes, todavia, sua ocorrência na indústria é bastante frequente. Os efeitos deste agente na saúde humana são consideráveis, sendo, portanto, a avaliação e controle necessários.

No dia 1º de junho de 1977a Organização Internacional do Trabalho - OIT, estabeleceu por meio da Convenção nº 148, que o termo *vibrações* compreenderia toda vibração transmitida ao organismo humano por estruturas sólidas e que fosse nociva à saúde ou contivesse qualquer outro tipo de perigo (BRASIL, 2013).

De acordo com a Agência Europeia para Saúde e Segurança no Trabalho (2008), um em cada três trabalhadores na Europa está exposto a algum tipo de vibração durante a jornada diária de trabalho. Estas informações podem ser melhor interpretadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Exposição dos trabalhadores europeus às vibrações

Duração da exposição	Bélgica	Alemanha	Espanha	França	Polônia	Finlândia	EU-27
Toda a jornada	5,70%	4,50%	4,60%	7,30%	10,20%	3,50%	5,50%
Quase toda a jornada	2,70%	4,90%	10%	4,70%	4,30%	3,50%	5,00%
Aprox. 3/4 da jornada	2,00%	3,90%	3,30%	1,70%	3,40%	2,10%	2,80%
Aprox. 1/2 da jornada	1,80%	6,10%	3,80%	2,40%	4,80%	4,20%	4,00%
Aprox. 1/4 da jornada	6,50%	9,40%	5,20%	5,70%	8,70%	8,30%	7,00%
Quase nunca	13,10%	11,60%	10,70%	10,70%	11,00%	16,60%	11,10%
Nunca	68,30%	59,60%	62,50%	67,50%	57,80%	61,90%	64,70%

Fonte: Agência Europeia para Saúde e Segurança no Trabalho, 2008.

Para Rao (1995), as vibrações podem ser definidas como um movimento periódico que se repita após um intervalo de tempo, comparados ao movimento de um pêndulo e a vibração de uma corda esticada.

As vibrações podem ser consideradas como ondas que se propagam através de movimentos de compressão e dilatação sucessivos de propagação. A exposição às

vibrações, normalmente, representa prejuízos e riscos elevados nos ambientes ocupacionais. De forma geral, pode influenciar o conforto, a segurança e a saúde das pessoas expostas. Esses efeitos são em função do modo de transmissão das vibrações ao indivíduo, das características das vibrações como direção, frequências e amplitudes, assim como do tempo de exposição e de sua repetição (WACHOWICZ, 2007).

Segundo Rao (1995) existem três componentes principais em um sistema vibratório: a forma de armazenamento da energia potencial (mola ou a elasticidade de um elemento); a forma de armazenamento da energia cinética (a massa ou a inércia); e, a forma de perda da energia do sistema (amortecimento). O sistema vibratório, propriamente dito, implica a transformação de energia potencial para energia cinética e desta de volta para energia potencial. Caso o sistema seja amortecido, ocorre perda de energia a cada ciclo de vibração e, por isso, para assegurar a manutenção do sistema será necessário fornecer energia proveniente de uma fonte externa.

Para Grandjean (1998), as vibrações são oscilações mecânicas, caracterizadas por variações regulares ou irregulares no tempo, de um corpo em estado de repouso. Explica ainda que são designadas como oscilações mecânicas, porque, em última análise, trata-se de mudanças de posição.

De acordo com Iida (2005), vibração é qualquer movimento que o corpo ou parte dele executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue nenhum padrão determinado, como no sacolejar de um carro andando em uma estrada de terra.

O corpo humano apresenta sensibilidade diferente às distintas faixas de frequência (BURSTROM *et al.*, 1998).

Vendrame (2011) explica que de uma maneira mais ampla, a vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui características de inércia e elasticidade que lhe conferem valores de frequência natural distintos, relativos a cada uma de suas partes (Figura 01).

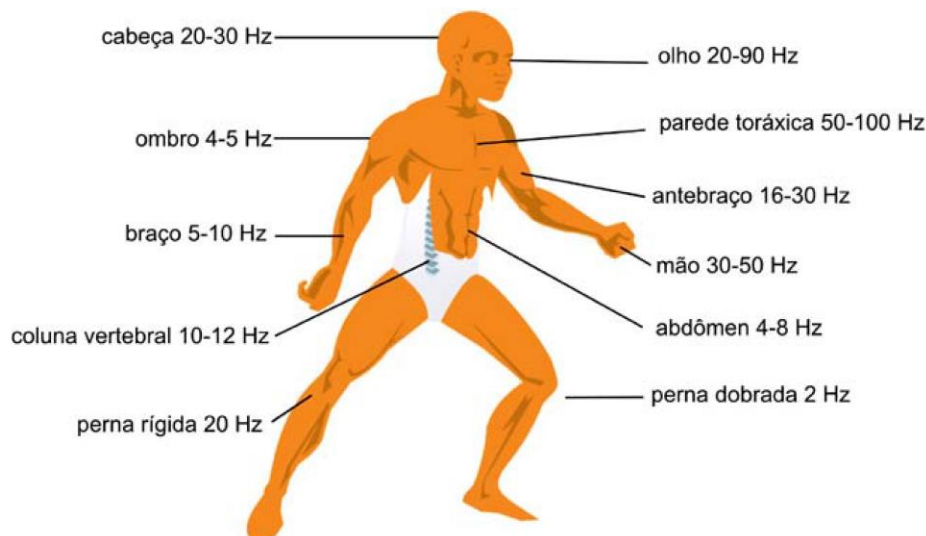


Figura 1 - Valores naturais de frequência no corpo humano.  
Fonte: Vendrame (2005)

Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. Assim, a energia vibratória associada a esse efeito é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos (SALIBA, 2009).

### 2.1.1 Grandezas físicas das vibrações

A vibração é definida por três variáveis. Primeiro, a frequência, medida em ciclos por segundo ou hertz (Hz). Em segundo, a intensidade do deslocamento (em cm ou mm) ou aceleração máxima sofrida pelo corpo, medida em g ( $1g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ). A terceira variável é a direção do movimento, definida por três eixos triortogonais: x (das costas para frente), y (da direita para a esquerda) e z (dos pés à cabeça) (IIDA, 2005).

Segundo Flores (2010), um corpo encontra-se no estado vibratório quando este descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto de referência. O autor explica ainda que o número de vezes em que um ciclo completo de movimento ocorre, no período de 1 segundo, é chamado de frequência e é expresso em hertz e que o tempo consumido para completar-se um ciclo é denominado de período.

Para melhor compreensão, Grandjean (1998) explica as cinco grandezas físicas inerentes às vibrações:

1. Pontos de aplicação no corpo: desempenham papel importante para a ergonomia: pés/assento (em veículos) e as mãos (no serviço de ferramentas vibratórias ou máquinas). Outra importância é a direção das oscilações, onde a direção vertical (pés-cabeça) ou talvez a direção mão-braço sejam as mais frequentes;
2. Frequência das oscilações: a intensidade dos efeitos fisiológicos e patológicos é dependente principalmente da frequência. De especial importância são as frequências que estão no âmbito das frequências próprias do corpo humano (frequência de ressonância). Distinguimos facilmente uma faixa de frequência alta e baixa. A fronteira fica entre 30 e 50 Hz. As vibrações de um veículo pertencem às baixas; aquelas de ferramentas motorizadas, à faixa de frequência alta;
3. Aceleração das oscilações: no âmbito das frequências de importância fisiológica, a medida da sobrecarga vibratória é a aceleração das oscilações. A escala de medida é em  $m/s^2$  ou g (gravidade da Terra). Sendo  $1 g = 9,8 m/s^2$ ;
4. Duração da ação: é essencial para a intensidade dos efeitos. Os danos aumentam fortemente com a duração da exposição;
5. Frequência própria e ressonância: cada sistema mecânico que apresente as características elementares de massa e elasticidade, pode ser levado a oscilações por alguma força externa. A força atuante será designada de força excitadora, enquanto que as vibrações originadas serão as oscilações forçadas.

### 2.1.2 Tipos de vibrações

Amaral *et al.* (2007), classifica dois tipos de vibrações: as de corpo total, que são transmitidas ao conjunto do corpo do trabalhador pelos veículos de transporte (caminhões, tratores, pontes rolantes, etc.) e as vibrações manubraquiais, transmitidas em particular à mão e ao braço em contato com as máquinas vibrantes (britadeira, lixadeira, furadeira, etc.).

Saliba (2004) explica que as vibrações podem ser classificadas como ocupacional de corpo inteiro, ocupacional mão e braço ou localizada, para o conforto, meio ambiente e de máquinas. Estas classificações são explicadas a seguir:

- a) Vibração ocupacional de corpo inteiro – são vibrações transmitidas ao corpo como um todo, geralmente através da superfície de suporte, tais como pé, costas, nádegas de um homem sentado ou na área de suporte de um homem reclinado;
- b) Vibração ocupacional mão e braço ou localizada – são vibrações que atingem certas partes do corpo, principalmente mãos, braços e outros. Como os sistemas corpo inteiro e braços/mãos são mecanicamente diferentes, deverão ser estudados separadamente;
- c) Vibração para conforto – determinada ocupação pode causar desconforto intolerável em uma situação e ser agradável ou desejada em outras. Logo, os valores de conforto dependem de vários fatores, alguns até subjetivos. Desse modo, a ISO 2631 não estabelece limite para o conforto, limitando-se apenas em indicar valores de acelerações onde as reações das pessoas são prováveis;
- d) Vibração meio ambiente – são vibrações capazes de provocar desconforto e perturbação do sossego público, como, por exemplo, prédios, veículos, entre outros;
- e) Vibração máquinas – são vibrações que podem indicar problemas de manutenção em máquinas e equipamentos. Logo, são medidas pelos técnicos de manutenção preventiva e comparadas como valores das normas técnicas pertinentes.

Saliba (2004) e Soeiro (2008) classificam as vibrações transmitidas ao corpo humano em dois grupos, de corpo inteiro e de extremidades.

Vibrações de corpo inteiro são transmitidas ao corpo como um todo, geralmente por meio da superfície de suporte, tal como pé, costas, nádegas de um ser humano sentado, ou na área de suporte de uma pessoa reclinada. São de baixa frequência e alta amplitude e situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente de 1 a 20 Hz (ISO, 2001). Ainda de acordo com Soeiro (2008), estas vibrações são específicas para atividades de transporte, dentre elas, cita-se os veículos de maior uso como caminhão, trator, empilhadeira, ônibus, trem, entre outros e são afetas à norma ISO 2631.



Vibrações de extremidades, também conhecidas como segmentais, localizadas ou de mãos e braços, são vibrações que atingem certas partes do corpo, principalmente mãos, braços e outros (Figura 02). Estas vibrações são as mais estudadas, situam-se na faixa de 6,3 a 1250 Hz, ocorrendo nos trabalhos com ferramentas manuais, como exemplo, operador de martetele pneumático, operador de lixadeira, operador de motosserra, entre outros e são normatizadas pela ISO 5349 (SOEIRO, 2008).



Figura 2 - Vibrações de mãos e braços  
Fonte: Soeiro (2008)

### 2.1.3 Direção das vibrações

Durante a avaliação ocupacional do agente vibração, devem ser observadas as orientações de norma para a medição e registro dos valores de aceleração rms, ponderadas nas direções dos eixos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$  (SOEIRO, 2008).

Conforme a ISO 2631, as medições para vibrações de corpo inteiro, devem ser realizadas de acordo com a Figura 03. Portanto deve ser feita análise preliminar da posição na qual o trabalhador fica exposto à vibração, podendo ser sentado, em pé ou até mesmo deitado na superfície de bases vibratórias.

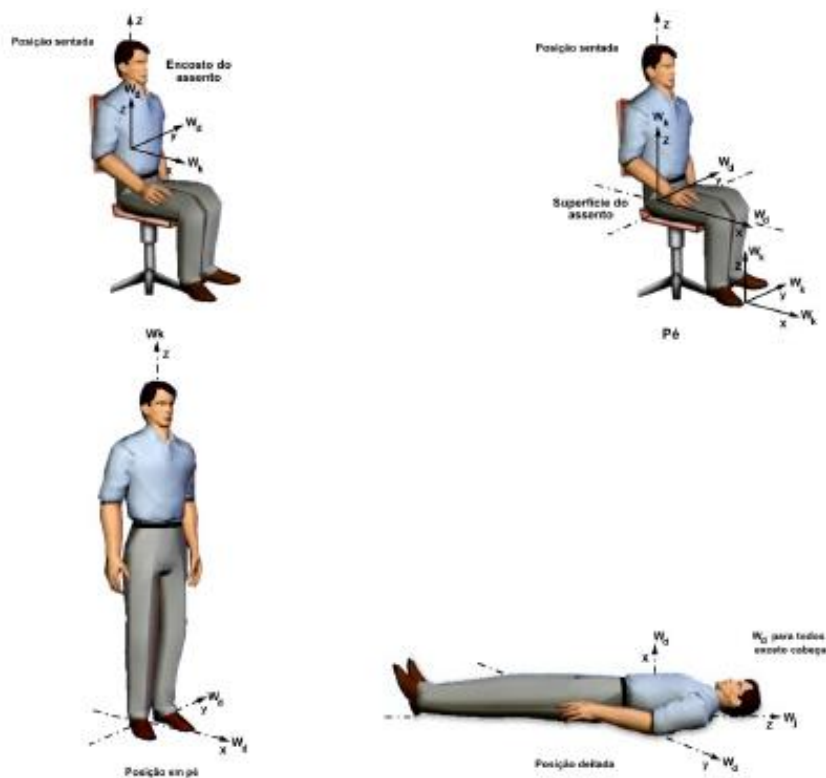


Figura 3 - Direções de medição para corpo inteiro, conforme ISO 2631  
 Fonte: Soeiro (2008)

De acordo com a ISO 5349 (2001b), as vibrações para mão e braços devem ser realizadas em conformidade com a Figura 04. Da mesma maneira deve ser feita a análise de como o trabalhador recebe a vibração quando segura o equipamento, onde a vibração é transmitida pelos eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$ , sendo longitudinal, sagital e transversal respectivamente.

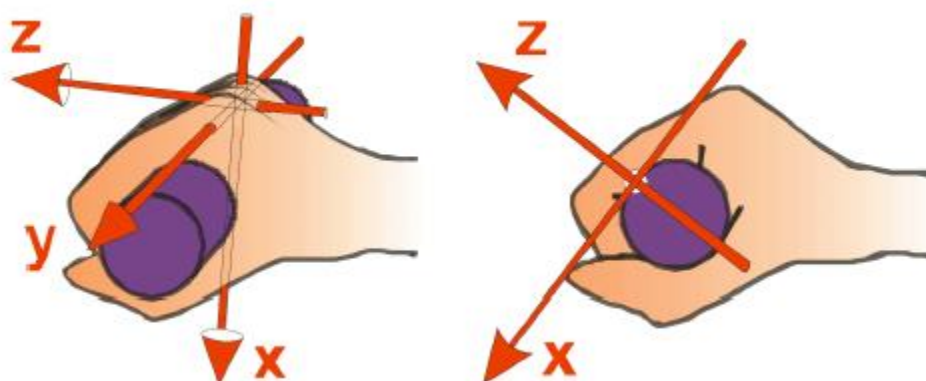


Figura 4 - Direções de medição para extremidades, conforme ISO 5349  
 Fonte: Good practice guide hand-arm vibration (2006)

### 2.1.4 Quantificação da vibração

De acordo com Saliba (2004), para a quantificação da vibração, pode-se utilizar os parâmetros de deslocamento, velocidade e aceleração. Para efeito de higiene ocupacional, a avaliação da vibração será feita através de aceleração em  $m/s^2$  ou em dB. Para aceleração de vibração, o decibel será obtido pela fórmula da Equação 1.

$$dB = 20 \log (a/a_0) \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde:

$a$  = aceleração avaliada ( $m/s^2$ )

$a_0$  = aceleração de referência ( $10^{-6} m/s^2$ )

Segundo Soeiro (2008), há diferença na sensibilidade humana com relação as diversas faixas de frequência, deste modo, na avaliação ocupacional os valores das acelerações são ponderados ou corrigidos, em virtude da frequência, dos eixos espaciais x,y e z e do tipo de vibração, mão e braço ou corpo inteiro.

Os fatores de ponderação podem ser observados na Tabela 02.

Tabela 2 - Fatores de ponderação e respectivas aplicações.

<b>Ponderação nas frequências</b>	<b>Aplicação</b>
$W_h$	Ponderação de extremidades nos eixos x, y e z – ISO 5349
$W_k$	Ponderação de corpo inteiro no eixo z – ISO 2631
$W_d$	Ponderação de corpo inteiro nos eixos x e y – ISO 2631

Fonte: ISO, 2001c.

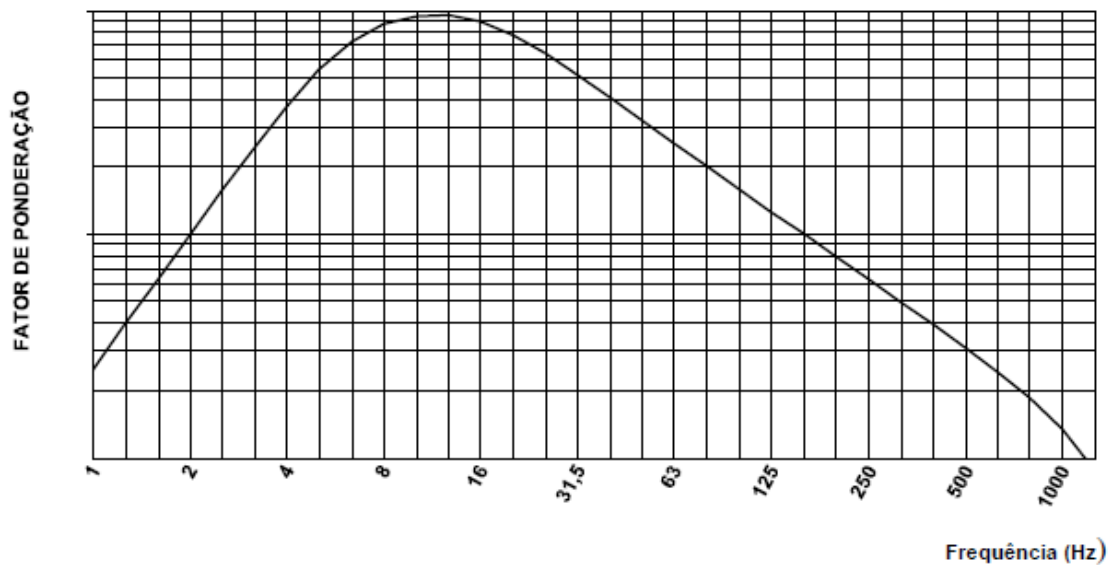


Figura 5 - Curva de ponderação para vibrações de mãos e braços  
Fonte: Soeiro (2008)

As curvas de ponderação para vibrações de extremidades e corpo inteiro são apresentadas respectivamente nas Figuras 05 e 06.

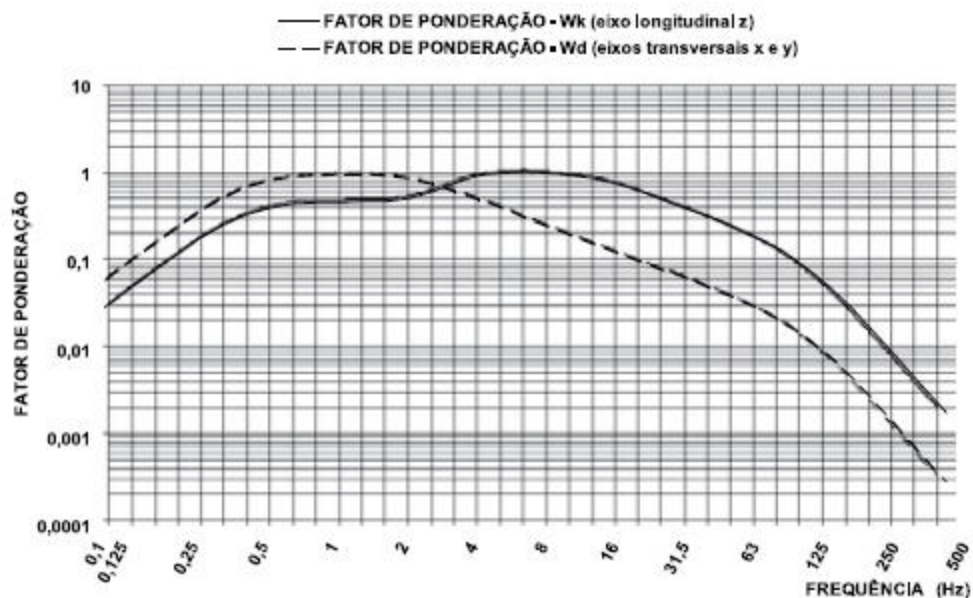


Figura 6 - Curva de ponderação para vibrações de corpo inteiro  
Fonte: Soeiro (2008)

Através da Equação 02, pode-se obter os valores das acelerações rms ponderadas em cada uma das direções dos eixos ortogonais.

$$A_{w,l} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot a_{l,i})^2} \quad [\text{Equação 2}]$$

Onde:

$l$  = representa as direções dos eixos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$ ;

$i$  = valores de frequência para os quais a ponderação  $w$  é determinada, em concordância com o registro feito na Tabela 1 e as curvas da Figuras 05 e 06.

Os valores de aceleração obtidos nos três eixos podem ser somados de forma a se obter a aceleração total, com base na Equação 3 (SOEIRO, 2008).

$$At = \sqrt{k_x^2 \cdot a_{wx}^2 + k_y^2 \cdot a_{wy}^2 + k_z^2 \cdot a_{wz}^2} \quad [\text{Equação 3}]$$

Onde:

$awx$ ,  $awy$  e  $awz$  = acelerações rms ponderadas nas direções dos eixos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$ ;

$kx$ ,  $ky$  e  $kz$  = fatores multiplicadores dos respectivos eixos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

No critério da norma ISO 5349:2001, Diretiva da Comunidade Européia 2002/44/EU e NHO 10 da Fundacentro, o valor a ser comparado é a soma vetorial dos três eixos, conforme Equação 4 (SALIBA, 2013).

$$At = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad [\text{Equação 4}]$$

Onde:

$awx$ ,  $awy$  e  $awz$  = acelerações rms ponderadas nas direções dos eixos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$ ;

Saliba (2004) explica ainda que quando à vibração é diferente em dois ou mais períodos da jornada, deve ser considerada a aceleração equivalente, de acordo com a fórmula da Equação 5.

$$A_{eq} = \sqrt{\frac{a_1^2 \cdot t_1 + a_2^2 \cdot t_2 + \dots + a_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad [\text{Equação 5}]$$

Onde:

$A_{eq}$  = a aceleração equivalente ponderada;

$a_n$  = valor de aceleração para o tempo de exposição  $t_n$ .

Para o cálculo da aceleração normalizada, considerando uma jornada de trabalho de 8 horas, utiliza-se a Equação 06.

$$A(8) = A_{eq} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [\text{Equação 6}]$$

Onde:

$T$  = corresponde à duração de exposição total diária;

$T_0$  = corresponde ao tempo de duração de uma jornada de trabalho normal, ou seja, 8 horas.

### 2.1.5 Legislação e normalização pertinentes

Dentre toda a legislação referente a atividades ocupacionais, destacam-se as seguintes Normas Regulamentadoras: 9, 15 e 17; Normas de Higiene Ocupacional (NHO): 09 e 10; Normas ISO: 2631 e 5349; Diretiva Européia 2002/44/EU e as recomendações dispostas pela ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*).

- NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais: tem por objetivo a preservação da saúde e integridade dos trabalhadores, por meio da antecipação,

reconhecimento, avaliação e correção dos riscos ambientais presentes ou que tenham possibilidade de ocorrerem no ambiente de trabalho, enfatizando a proteção dos recursos naturais e do meio ambiente (BRASIL, 2013a);

- NR 15 – A legislação brasileira prevê, por intermédio da Norma Regulamentadora NR 15 – Anexo VIII, com redação dada pela Portaria nº 12 de 1983, que as atividades e operações as quais exponham os trabalhadores sem proteção adequada às vibrações localizadas ou de corpo inteiro serão caracterizados como insalubres, apuradas por perícia realizada no local de trabalho. A perícia, visando à comprovação ou não da exposição, deve tomar por base os limites de exposição definidos pela Organização Internacional para a Normalização, em suas normas ISO 2631, específica para corpo inteiro e ISO 5349 (sistema mão – braço) ou suas substitutas (SALIBA, 2004);
- NR 17 – Ergonomia: estabelece parâmetros permitindo adaptações aos trabalhadores com intuito de gerar melhoria nos quesitos de segurança, conforto e desempenho (BRASIL, 2013c);
- NHO 09 – Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional a vibração de corpo inteiro (VCI), que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, entre os quais, aqueles relacionados a coluna vertebral (FUNDACENTRO, 2013).
- NHO 10 – Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços: tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional a vibração em mãos e braços (VMB), que implique risco à saúde do trabalhador, entre os quais, a síndrome da vibração em mãos e braços (FUNDACENTRO, 2013).
- ISO 2631.1 – a *International Standard Organization* (1997), apresenta a definição dos métodos para mensurar especificamente vibrações de corpo inteiro, traz ainda a relação do agente à saúde e conforto, percepção da vibração e enjojo nos seres humanos. Andriolo (2013) esclarece que esta norma não

estabelece limites de exposição à vibração, muito embora estabeleça intervalos de frequência adotados para os critérios apresentados na Tabela 03.

Tabela 3 - Intervalos de frequência para manifestação de efeitos possíveis

<b>Intervalo de frequência [Hz]</b>	<b>Possíveis efeitos</b>
<b>0,1 a 0,5</b>	Enjoo
<b>0,5 a 80</b>	Saúde, conforto e percepção

Fonte: Andriolo, 1997.

- Anexo nº 08 da NR 15 – recentemente, em janeiro de 2014 o Ministério do Trabalho e Emprego disponibilizou para consulta pública o novo texto do anexo, o qual levou em consideração as demandas sociais e a necessidade de estabelecimento de nível de ação e limites para caracterização da exposição ao agente vibração e adoção de medidas preventivas e corretivas. As abordagens propostas tiveram por base, estudos e pesquisas relacionados ao tema que apresentam diversas interpretações em relação a limites de exposição e relações dose-resposta, considerando-se as edições antigas e atuais das normas ISO 2631 e ISO 5349, Diretiva Europeia 2002/44/EC, ACGIH, entre outras.
- ISO 5349 - a *International Standard Organization* (1979), limita a seu escopo os métodos gerais para mensurar e definir a exposição à vibração e limites temporários de exposição transmitidos ao sistema mãos – braços.
- ACGIH – de acordo com a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (2013), as vibrações são classificadas em de corpo inteiro e mãos e braços. Este trabalho adota a Norma ISO 5349 no tocante aos procedimentos e métodos adotados para mensurar o agente. O mesmo vale para o exposto pela ISO 2631 ao fazer referência à vibração de corpo inteiro.
- Diretiva 2002/44/EC – Andriolo (2013) explica que esta diretiva europeia estabelece os requisitos mínimos de proteção à vibração. Assim como o Anexo



08 da NR-15, esta diretiva apresenta os procedimentos das já citadas normas ISO 2631 e 5349 para o cálculo da exposição a vibração de corpo inteiro e mãos/braços respectivamente. No entanto, são apresentadas as obrigações dos empregadores, medidas a serem adotadas com intuito de mitigar ou eliminar a exposição do trabalhador à vibração, bem como fornecer informação e treinamento aos trabalhadores.

### 2.1.6 Efeitos das vibrações à saúde do trabalhador

As vibrações podem originar perturbações neurológicas ou musculares, vasculares e lesões osteo-articulares, no caso das vibrações transmitidas ao sistema mão-braço, e patologias na região lombar e lesões da coluna vertebral para o caso das vibrações transmitidas a todo o organismo (AREZES, 2011).

Iida (2005) explica que os efeitos da vibração diretamente sobre o corpo humano, podem ser extremamente graves, havendo possibilidade de danos permanentes a alguns órgãos do corpo. O autor cita como exemplo trabalhadores florestais, especificamente os que fazem uso da motosserra, onde há uma degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, causando como consequência a perda da capacidade manipulativa e o tato das mãos, dificultando o controle motor e que, em casos mais graves, a circulação do sangue até os dedos é afetada, tornando-os esbranquiçados e originando o fenômeno “dedo branco” ou doença de *Raynaud*, neste caso, os dedos ficam insensíveis e podendo sofrer necrose.

Segundo Grandjean (1998), foram medidas e tidas como foco de estudo, principalmente as vibrações às quais os trabalhadores estão expostos em máquinas de construção, tratores e veículos de carga. O autor explica que as acelerações verticais, comumente oriundas de veículos, estão entre  $0,5 \text{ m/s}^2$  a  $5 \text{ m/s}^2$ , onde os valores mais elevados são encontrados geralmente em máquinas de terraplanagem e reboques.

Para Soeiro (2008), a vibração de corpo inteiro (VCI) ocorre em diversas situações do dia a dia, expondo o trabalhador a permanentes danos físicos e ou distúrbios no sistema nervoso. Uma exposição diária à VCI poderá acarretar em sérios danos na região espinhal, e em casos mais severos afetar o sistema circulatório e ou neurológico, além do sistema nervoso central. O autor ainda cita a fadiga, insônia, dor

de cabeça e tremores como exemplos de sintomas que comumente são constatados durante ou logo após a exposição ao agente.

Os efeitos observados em grupos expostos a condições graves de vibração foram: problemas na região dorsal e lombar, gastrointestinais, sistema reprodutivo, distúrbios no sistema visual, problemas nos discos intervertebrais e degeneração na coluna vertebral (ISO, 2001c).

A norma ISO 5349 (2001c), explica que os principais efeitos devidos à exposição à vibração no sistema mão-braço podem ser de ordem vascular, neurológica, ósteo-articular e muscular. Entre esses efeitos, destacam-se as perturbações ósteo-articulares, características de vibrações de frequência menores que 30 Hz e que atingem o punho, cotovelo e o ombro, e as perturbações vasculares, que são identificadas como Doença de *Raynaud*, características de vibrações de frequência entre 40 e 125 Hz e que provocam sintomas como: formigamento, entorpecimento, palidez, picada, queimadura, cianose e gangrena (SOEIRO, 2008).

Nas atividades com ferramentas motorizadas situam-se no campo das altas acelerações oscilatórias nas mãos e articulação do pulso (GRANDJEAN, 1998). Alguns exemplos podem ser observados na Tabela 04.

Tabela 4 - Vibrações em aparelhos portáteis motorizados.

Aparelho	Aceleração efetiva em m/s <sup>2</sup>		Frequência básica em Hz
	No cabo	No punho	
Motoserra	17,5	1,1	120
Perfuratriz de solo	21,0	3,5	110
Serra de ar comprimido	-	9,9	-
Reboque de eixo único	3	2,8	82

Fonte: Grandjean, 1998.

Dentre os distúrbios originados pela contínua exposição à VMB, percebe-se o dedo branco vibroinduzido, sendo este denominado de síndrome ou doença de Raynaud (Figura 07).

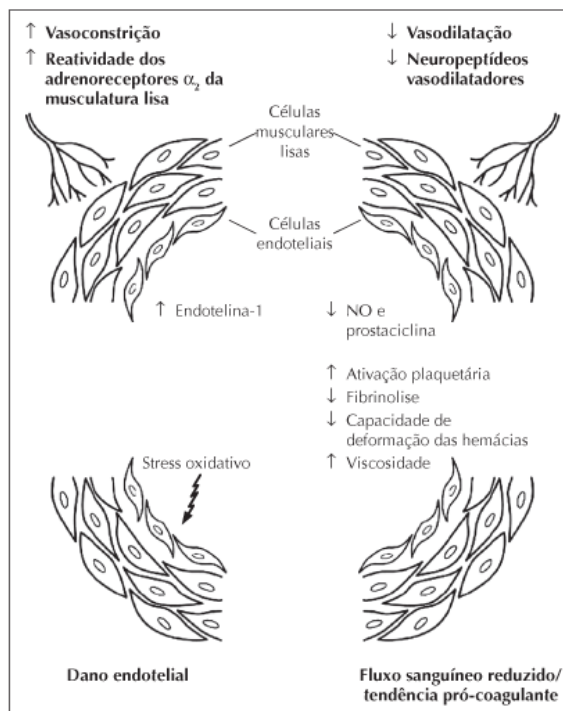


Figura 7 - Esquema do fenômeno de Raynaud  
 Fonte: Kayser (2009)

A doença de Raynaud em sua forma primária, é caracterizada por ataques de embranquecimento bilateral intermitente dos dedos. Durante a recuperação dos ataques, geralmente provocados pela exposição ao frio, os dedos se tornam vermelhos, sendo esse o componente mais doloroso do ataque. A prevalência dessa doença é de aproximadamente 10% em mulheres e de 1 a 5% em homens (MANSFIELD, 2005).

Ainda segundo Mansfield (2005) para que a doença seja classificada como primária, deve ocorrer bilateralmente e ter ocorrido desde a adolescência, eliminando outras possíveis causas.

Já a forma secundária da doença de Raynaud é, por definição, aquela onde os sintomas têm causa conhecida, sendo a mais normal a exposição às vibrações. Uma das formas da doença de Raynaud secundária é o dedo branco vibroinduzido (Figura 08). O primeiro sintoma claramente observável é o embranquecimento intermitente das pontas dos dedos, provocado pela exposição ao frio. Com a continuada exposição às vibrações, a área afetada pelo embranquecimento aumenta, e a severidade da condição pode ser avaliada através da contagem dos dedos afetados e da verificação da ocorrência do fenômeno nas falanges proximais, mediais e distais (FLORES, 2010).



Figura 8 - Afilamento e dedos brancos, sintomas do Fenômeno de Raynaud.  
Fonte: NIOSH (1998)

Mansfield (2005), explica que existe um período de latência de alguns anos entre a primeira exposição às vibrações até o surgimento dos sintomas, com a possibilidade de alguns meses a diversos anos. O autor ainda cita o exemplo de rebitadores trabalhando em doca, 20% dos trabalhadores apresentaram dedos brancos vibroinduzidos após seis anos de exposição, elevando a taxa de afetados para 50% após dezoito anos.

Segundo Flores (2010), outros distúrbios estão comumente associados à síndrome da vibração em mãos e braços (SVMB). Alguns deles estão diretamente associados às vibrações e outros são observados também em usuários de ferramentas manuais que não vibram.

Um dos distúrbios de ordem neurológica comumente observados nos trabalhadores expostos a vibrações é a síndrome do túnel do carpo (MANSFIELD, 2005). O autor explica que este distúrbio é formado entre os ossos do punho e o ligamento transversal do carpo, pelo qual passam os tendões responsáveis pela flexão dos dedos e o nervo mediano. Na ocorrência de danos ao nervo mediano, há possibilidade de formigamento, redução da sensibilidade e da força.

### 2.1.7 Limites de tolerância para VMB (Vibração em Mãos e Braços)

Os limites de tolerância propostos pela ACGIH, para vibrações localizadas, referem-se aos níveis e tempos de exposição para os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, dia após dia (VENDRAME, 2012). Os valores estabelecidos podem ser observados na Tabela 05.

Tabela 5 - Valores estabelecidos pela ACGIH para VMB.

Duração total da exposição diária	Valores da componente de aceleração dominante, rms, ponderada em frequência, que não devem ser excedidos
	m/s <sup>2</sup>
4 horas e menos de 8	4
2 horas e menos de 4	6
1 hora e menos de 2	8
Menos de 1 hora	12

Fonte: ACGIH, 2013.

Soeiro (2008), explica que a norma ISO 5349, fixa os valores de exposição diária de aceleração A(8), com estimativa esperada de produzir a síndrome do dedo branco em 10% das pessoas expostas para determinado número de anos (D), conforme Figura 09.

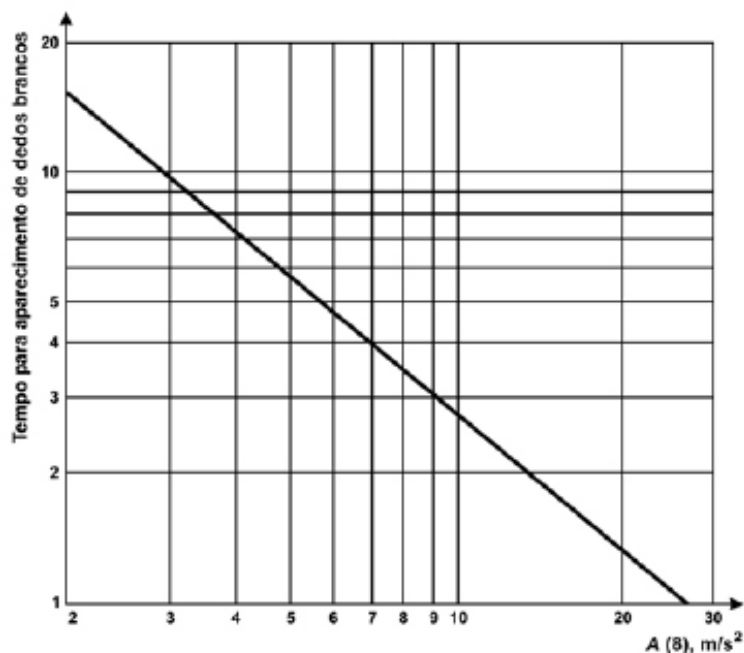


Figura 9 - Valores para exposição diária à VMB para aparecimento da Síndrome dos Dedos Brancos  
 Fonte: ISO 5349 (2001)

De acordo com Saliba (2013), a relação  $A(8)$  e  $D_y$  exposta no gráfico da Figura 9, pode ser melhor interpretada conforme a Equação 7.

$$D_y = 31,8 [A(8)]^{-1,06} \quad \text{[Equação 7]}$$

onde:

$D_y$  = duração total da exposição do grupo em anos, necessária para a ocorrência dos episódios de branqueamento nos dedos em 10% dos expostos;

$A(8)$  = exposição diária normalizada para um período de 8 horas;

Já a Diretiva 2002/44/EC apresenta os níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e para mãos e braços, conforme Tabela 06.

Tabela 6 - Valores apresentados pela Diretiva 2002/44/EU

<i>Área</i>	<b>Nível de ação</b>	<b>Limite de exposição</b>
<i>Mãos e braços</i>	2,5 m/s <sup>2</sup> A(8)	5,0 m/s <sup>2</sup> A(8)
<i>Corpo inteiro</i>	0,5 m/s <sup>2</sup> A(8)	1,15 m/s <sup>2</sup> A(8)

Fonte: *European Agency for Safety and Health at Work*, 2008.

De acordo com o texto disponibilizado para consulta pública por Brasil (2014), os valores propostos para fixar o nível de ação e o limite de tolerância são respectivamente 2,5 m/s<sup>2</sup> e 5,0 m/s<sup>2</sup>.

#### 2.1.8 Formas de medição

A avaliação da exposição dos trabalhadores às vibrações é diferente para vibração localizada (mãos e braços) e vibração de corpo inteiro, também designada por exposição de corpo-inteiro (AREZES, 2011).

De acordo com Soeiro (2008), durante a avaliação ocupacional da vibração, diversos são os fatores que influenciam na caracterização do risco, entre os quais se destacam: amplitude da vibração, sua frequência, sua direção e o tempo de exposição do trabalhador.

Há diferentes maneiras de medir a magnitude de um movimento oscilatório. Em um movimento com grande amplitude e pequena frequência é possível observar o deslocamento entre os pontos de máximo em direções opostas, sendo esse valor chamado de *valor pico-a-pico* (Figura 10). Na prática, tal valor é de difícil medição e, com movimentos de alta frequência, a vibração pode ser severa ainda que a amplitude seja pequena. Também se utiliza o valor de pico, em especial na indicação de níveis de impacto de curta duração (FLORES, 2010).

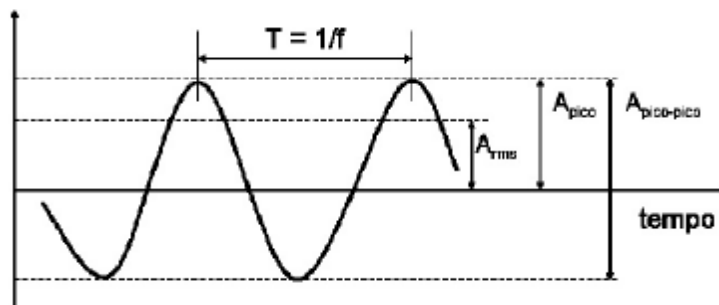


Figura 10 - Principais parâmetros associados às vibrações  
 Fonte: Vergara (2009)

### 2.1.9 Instrumentos para medição

A medição da vibração é realizada por meio de instrumentos ligados a um transdutor de aceleração, denominado de acelerômetro. O acelerômetro é o elemento que capta o movimento vibratório transformando-o em um sinal elétrico proporcional à aceleração (SOEIRO, 2008).

Saliba (2013), explica que a avaliação do agente físico vibração é realizada através de um instrumento ligado a um acelerômetro ou transdutor.

O acelerômetro é o elemento que capta o movimento vibratório transformando-o em grandeza mensurável, ou seja, fornece um sinal de saída elétrico, mecânico ou óptico proporcional ao deslocamento. Os tipos mais comuns de acelerômetro são piezoelétricos com eletrônica integrada – ICP, piezorresistivo, capacitância variável e servo-acelerômetro (XIMENES, 2006).

De acordo com a NHO-10 (2012), os sistemas de medição devem ser compostos basicamente de medidores integradores e acelerômetros do tipo triaxial.

Na avaliação ocupacional de vibração é utilizado o acelerômetro triaxial, que permite captar as acelerações nos eixos x, y e z. Este acelerômetro é montado em adaptadores, de acordo com o tipo de vibração a ser avaliada, corpo inteiro ou mãos e braço (SALIBA, 2013).

Durante o processo de medição da vibração, o acelerômetro é montado em adaptadores. Na vibração de corpo inteiro, o acelerômetro triaxial é montado em um adaptador de assento, devendo ser posicionado no ponto de transmissão da superfície do corpo. Na medição de vibração de mão e braço, o acelerômetro deve ser montado na superfície vibrante utilizando-se adaptadores adequados (SOEIRO, 2008).



Saliba (2013) salienta que o medidor de vibração é responsável por todo o processamento de dados captados pelo acelerômetro e que o aparelho obrigatoriamente deve atender as especificações da norma ISO 8041:2005.

#### 2.1.10 Equipamento de proteção individual

As medidas de controle deverão ser adotadas sempre que for verificado risco potencial e/ou evidente à saúde. Tais medidas deverão, de preferência, ser de proteção coletiva e terão caráter construtivo, operacional, organizacional e a utilização de equipamentos de proteção individual (SOEIRO, 2008). O autor ainda esclarece que por não haver EPI com fator de atenuação capaz de mitigar a intensidade de vibração abaixo do limite de tolerância, como ocorre com o agente físico ruído, o uso deste tipo de equipamento deverá ser o último recurso a ser aplicado.

O controle da exposição ocupacional à vibração é praticamente inviável (SALIBA, 2013). Entretanto, o autor cita a existência de luvas antivibratórias (Figura 11) que podem ser utilizadas com objetivo de mitigar a vibração de mão e braço, porém, este equipamento de proteção individual não possui parâmetro objetivo que possibilite afirmar a sua eficácia na redução do valor total avaliado para abaixo dos limites de tolerância apresentados anteriormente.

Iida (2005) explica que existem diversas providencias que podem ser aplicadas com intuito de reduzir as consequências das vibrações transmitidas ao trabalhador. Estas ações devem obedecer a seguinte ordem: eliminar o agente na fonte, isolar a fonte, proteger o trabalhador e conceder pausas.



Figura 11 - Luva antivibratória.  
Fonte: Saliba (2013)

## 2.2 Ruído

De acordo com Verdussen (1978), o ruído afeta o homem física e psicologicamente, causando lesões irreversíveis. Infelizmente é comum encontrar ambientes com os níveis limites de conforto sendo ultrapassados.

São inúmeras as definições existentes para o termo ruído.

Para Iida (2005), a conceituação mais usual é a que considera o ruído como um som indesejável. No entanto, o próprio autor, considera essa conceituação um tanto quanto subjetiva, uma vez que um som pode ser indesejável para uns, mas pode não sê-lo para outros, ou mesmo para a mesma pessoa, em ocasiões diferentes.

Segundo Grandjean (1998), a definição mais simples é de que o ruído é um som incômodo. O autor ressalta que existem sons que percebemos como agradáveis, porém, ao se tornarem incômodos e perturbadores os designamos como nível de pressão sonora.

Outra definição, de caráter mais operacional, considera o ruído um estímulo auditivo que não contém informações úteis para a tarefa em execução. Desse modo, o bip intencional de uma máquina, ao final de um ciclo de operação, pode ser considerado útil ao operador, porque é um aviso para ele iniciar um novo ciclo, porém, este mesmo sinal pode ser considerado um ruído pelo seu vizinho, que por sua vez está concentrado em outra tarefa (IIDA, 2005).

De acordo com Saliba (2004), o ruído pode ser definido como um som desagradável e indesejável. O ruído é um fenômeno físico vibratório em função da frequência, ou seja, para determinada frequência podem existir, de forma aleatória devido ao tempo, variações de diferentes pressões.

O som é originado de uma vibração mecânica, que ao se propagar no ar atinge a orelha. Uma vez que essa vibração estimule o aparelho auditivo, é definida como vibração sonora. Sendo assim, o som é definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas (SALIBA, 2004).

Já para Saliba (2013), o som é uma energia vibratória que se propaga apenas em meio elástico (gasoso, líquido ou sólido), através de ondas que comprimem e descomprimem as moléculas.

### 2.2.1 Tipos de ruído

De acordo com a NR – 15 (BRASIL, 2013b) pode-se classificar o ruído como sendo contínuo ou intermitente e de impacto ou impulsivo.

Gallina *et al.* (2005) citam que o ruído contínuo não sofre interrupções com o tempo, já o ruído intermitente sofre interrupções de no máximo um segundo (Figura 12).



Figura 12 - Ruído contínuo  
Fonte: Gallina *et al.* (2005)

Para Saliba (2004) ruído de impacto é aquele que sofre interrupções maiores que um segundo e possui picos de energia menores que um segundo (Figura 13).



Figura 13 - Ruído de impacto

Fonte: Gallina *et al.* (2005)

### 2.2.2 Legislação pertinente

Dentre toda a legislação referente a atividades ocupacionais, destacam-se as seguintes normas: Normas Regulamentadoras: 9, 15 e 17; e, a Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 da Fundacentro. Estas normas tratam especificamente sobre ruído.

- NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais: tem por objetivo a preservação da saúde e integridade dos trabalhadores, por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e correção dos riscos ambientais presentes ou que tenham possibilidade de ocorrerem no ambiente de trabalho, enfatizando a proteção dos recursos naturais e do meio ambiente (BRASIL, 2013a);
- NR 15 – Atividades e operações insalubres: a norma institui limites de tolerância para os tipos de ruído; contínuo ou intermitente e de impacto, ao mesmo tempo em que determina o tempo máximo de exposição aos níveis de ruído, sendo expressamente proibido ultrapassar os limites de tolerância apontados. Tem por objetivo garantir adicional de insalubridade ao trabalhador, caso este se encontre em condições impróprias para exercer sua função (BRASIL, 2013b);

- NR 17 – Ergonomia: estabelece parâmetros permitindo adaptações aos trabalhadores com intuito de gerar melhoria nos quesitos de segurança, conforto e desempenho (BRASIL, 2013d);
- NHO 01 – Avaliação da exposição ocupacional ao ruído: tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional do ruído, que implique risco potencial de surdez ocupacional. Essa norma aplica-se à exposição a ruído contínuo ou intermitente e a ruído de impacto, em quaisquer situações de trabalho, entretanto, não é voltada para a caracterização das condições de conforto acústico (FUNDACENTRO, 2001).

### 2.2.3 Decibel

Ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, medido em escala logarítmica, tendo como unidade de medida o decibel (dB) (IIDA, 2005).

A medida física para a pressão sonora é o micropascal (mPa). A pressão sonora mais fraca, no entanto perceptível é em torno de 20 mPa. A orelha pode suportar pressões sonoras que perfazem um milhão de vezes este valor. A capacidade de percepção da orelha abrange todos os sons desde o murmurar de um córrego até o som de um avião a jato (GRANDJEAN, 1998).

Grandjean (1998) diz que foi criada uma medida prática para esta ampla faixa, a medida decibel (dB). O decibel começa no limiar da audição de 20 mPa, servindo como medida de referência. O autor explica que ao aumentar a pressão sonora dez vezes, o valor do decibel cresce em vinte unidades.

Guyton (1986), explica que devido às extremas alterações de intensidade sonora que a orelha pode detectar e discriminar, as intensidades sonoras costumam ser expressas em termos de logaritmo das suas intensidades reais. O autor exemplifica que com um aumento de dez vezes na energia sonora (ou o aumento da ordem de raiz quadrada de dez na pressão do som, porque a energia é proporcional ao quadrado da pressão) denomina-se 1 bel, e um décimo de bel é considerado 1 decibel. O decibel representa um aumento de 1,26 na intensidade sonora.

De acordo com Guyton (1986) e Grandjean (1998), outra razão para usar o sistema decibel ao expressar alterações na intensidade do som, é que, na variação usual de intensidade sonora para comunicação, a orelha humana pode detectar aproximadamente a alteração de um decibel na intensidade do som. Por exemplo, um aumento de 3 dB corresponde mais ou menos à duplicação da pressão sonora. Um aumento de 10 dB é, no entanto, necessário para alcançar a duplicação subjetiva do som audível.

#### 2.2.4 Intensidade sonora

Saliba (2013) explica que intensidade sonora é a energia da vibração sonora que atinge uma superfície. Essa intensidade é dada em  $W/m^2$ . O autor ainda explica ainda que o nível de intensidade sonora estabelece uma relação entre a intensidade real e a de referência. Pode ser expressa pelas seguintes fórmulas:

$$NIS = \lg (I/I_0) \text{ (Bel – B)} \quad \text{[Equação 8]}$$

ou

$$NIS = 10 \lg (I/I_0) \text{ (deciBel – dB)} \quad \text{[Equação 9]}$$

Onde:

$I_0$  = corresponde à mínima intensidade captável pela orelha humana, ou seja,

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2.$$

#### 2.2.5 Frequência

Grandjean (1998) diz que o número de oscilações da pressão em segundo determina a frequência de um som, sendo expresso em Hertz (Hz).

Para Saliba (2004) frequência do som é o resultado do número de vibrações na unidade de tempo. O autor explica que um ciclo ou vibração completa sobre seu tempo de duração, considerando 0,01 segundo pode ser interpretado da seguinte maneira:

$$F = 1 \text{ ciclo ou vibração completa} / 0,01 \text{ segundo} = 100 \text{ ciclos ou Hertz/segundo}$$

A percepção do volume de som é em grande parte dependente da frequência do som. A orelha humana percebe sons em uma faixa de frequência de 16 a 20.000 Hz (GRANDJEAN, 1998). As frequências audíveis são divididas em três faixas (FERNANDES, 2002) (Figura 14):

- Baixas frequências ou sons graves: 31,25; 62,5; 125 e 250 Hz;
- Médias frequências ou sons médios: 500, 1000 e 2000 Hz;
- Altas frequências ou sons agudos: 4000, 8000 e 16000 Hz.

Para Saliba (2013), a frequência indica a capacidade vibratória temporal de uma onda, caracterizando a tonalidade ou altura do som. O autor explica que conforme maior a frequência, mais agudo será o som.

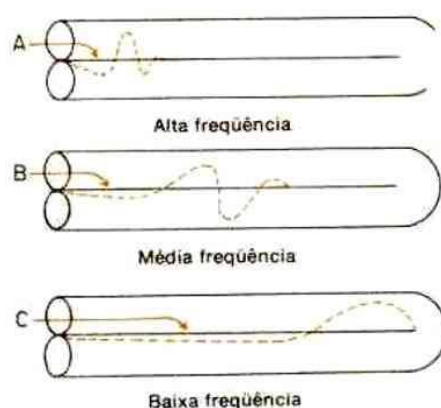


Figura 14 - Tipos de frequência  
Fonte: Pinheiro (2006)

#### 2.2.6 Pressão sonora

Segundo Grandjean (1998), quando em um espaço de ar a pressão do gás é perturbada por ações mecânicas, ocorrem rapidamente oscilações de pressão, que se espalham na forma de ondas. O autor ainda explica que enquanto estas oscilações de pressão se movem em determinada faixa de frequência e intensidade, podem ser percebidas pela orelha humana como som.

A medida das oscilações de pressão corresponde à pressão sonora. A intensidade de uma sensação sonora é determinada pela pressão sonora (GRANDJEAN, 1998).

Pressão sonora é a pressão que a energia da vibração do som exerce na orelha humana, sendo esta grandeza preferida para avaliar a exposição acústica (SALIBA, 2013). Adota-se como unidade de medida o N/m<sup>2</sup> e obedece a seguinte relação:

$$I = k.p^2 \quad \text{[Equação 10]}$$

Onde:

k = uma constante do meio, devido à sua densidade.

Iida (2005) explica que a orelha humana é capaz de perceber uma grande faixa de intensidades sonoras, desde próximas de zero até potências 10.000.000.000.000 (10<sup>13</sup>) superiores, equivalentes a 130 dB (Tabela 07). Esse é o nível de pressão sonora correspondente ao do avião a jato, e é praticamente o máximo que o ouvido humano pode suportar. Acima disso, situa-se o limiar da percepção dolorosa, que pode produzir danos ao aparelho auditivo.

Tabela 7 - Ruídos e níveis correspondentes de pressões sonoras

<b>Intensidade pressão sonora</b>	<b>Ruído (dB)</b>	<b>Exemplos típicos</b>
100.000.000.000.000	140	Limiar da dor
10.000.000.000.000	130	Avião a jato
1.000.000.000.000	120	Britadeira pneumática Buzina de carro (1m)
100.000.000.000	110	Forjaria Estamparia
10.000.000.000	100	Serra circular
1.000.000.000	90	Máquinas - ferramenta
100.000.000	80	Barulho de tráfego
10.000.000	70	Máquina de escrever (2m)
1.000.000	60	Fala normal Escritório (10 pessoas)
100.000	50	Escritório (2 pessoas)
10.000	40	Sala de estar Biblioteca
1.000	30	Quarto de dormir (à noite)
100	20	Sala acústica
10	10	
1	0	Limiar da audição

Fonte: Iida, 2005.



### 2.2.7 Nível de pressão sonora

Segundo Fantini Neto (2009) e Saliba (2004) o nível de pressão sonora estabelece a relação entre a pressão real e a de referência. Essa relação pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$\text{NPS} = 20 \lg (p/p_0) \text{ (dB)} \quad [\text{Equação 11}]$$

Onde:

$p_0$  = a mínima pressão sonora perceptível pela orelha humana, ou seja,  $p_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2$  a uma frequência de 1.000 Hz.

### 2.2.8 Compensação do nível de pressão sonora

De acordo com Saliba (2013) um único som possui diversos níveis de pressão sonora, dependendo da faixa de frequência em que ele é captado. A orelha humana é capaz de captar frequências compreendidas entre 16 Hz e 20.000 Hz. O próprio organismo se encarrega de integrar todos os níveis de pressão sonora.

Segundo Gerges (1992) na tentativa de se fazer com que os níveis sonoros captados pelos medidores fossem devidamente corrigidos para assemelharem-se à percepção do som pelo ouvido humano, foram criadas várias curvas de compensação, designadas pelas letras A, B, C, D. Contudo de acordo com Kinsler et al. (1982), Gerges (1992), Saliba (2004) e Iida (2005) a curva de compensação A é a que melhor se adequa para estudo dos incômodos gerados pelo ruído, tendo em vista os níveis de pressão sonora e as faixas de frequências predominantes. A Figura 15 apresenta a ilustração das curvas de compensação A e C, mais utilizadas para avaliação dos ruídos contínuos ou intermitentes (curva A) e de impactos (curva C) respectivamente. Essas curvas são denominadas de Curvas de Ponderação ou Curvas de Compensação.

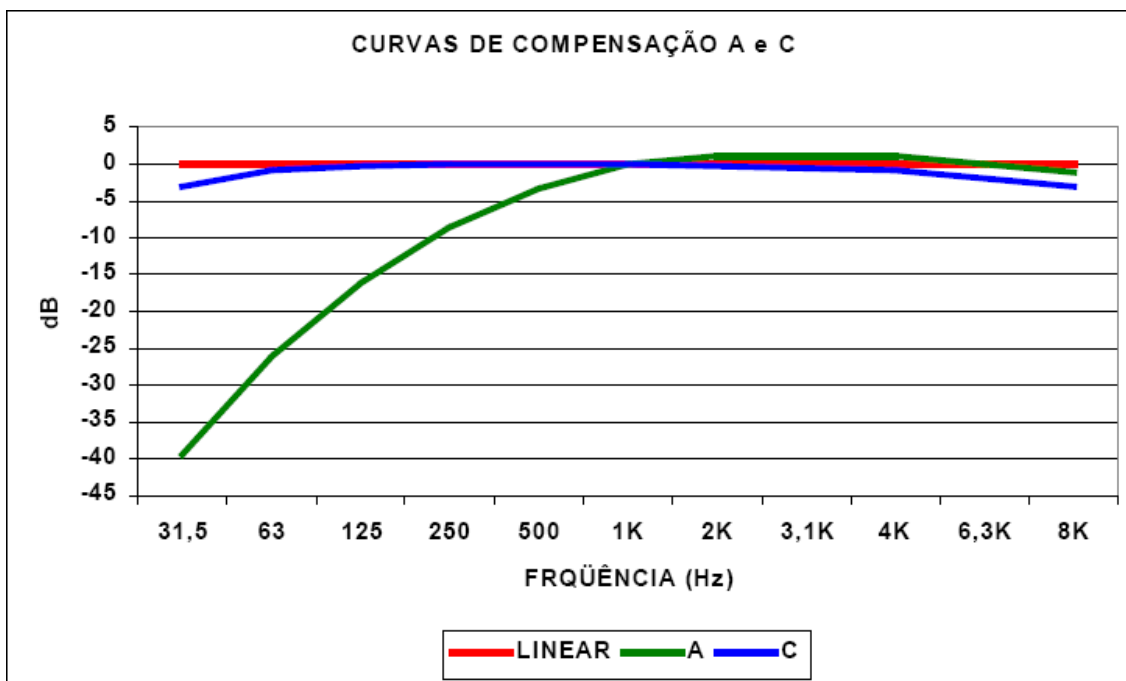


Figura 15 - Curvas de compensação  
 Fonte: CNA (2007)

### 2.2.9 Limites de tolerância quanto ao nível de pressão sonora

Conforme Iida (2005) os ruídos constituem a maioria das reclamações referentes às condições ambientais. O autor ressalta que ruídos de até 90 dB(A) não provocam danos sérios a audição, no entanto, ruídos entre 70 e 90 dB(A) dificultam a conversação e conseqüentemente a concentração, aumentando assim o número de erros e a redução no desempenho individual.

Em ambientes de trabalho, o ideal é conservar o nível de ruído ambiental abaixo de 70 dB(A) (Tabela 08), afim de evitar futuros danos a audição dos trabalhadores.

Tabela 8 - Limites toleráveis a níveis de pressão sonoras

<b>Nível de Ruído, dB(A)</b>	<b>Atividade</b>
50	A maioria considera como ambiente silencioso, mas cerca de 25% das pessoas terão dificuldade para dormir
55	Máximo aceitável para ambientes que exigem silêncio
60	Aceitável em ambientes de trabalho durante o dia
65	Limite máximo aceitável para ambientes ruidosos
70	Inadequado para trabalho em escritórios. Conversação difícil
75	É necessário aumentar a voz para conversação
80	Conversação muito difícil
85	Limite máximo tolerável para a jornada de trabalho

Fonte: Iida, 2005

#### 2.2.10 Tempo de exposição

De acordo com a NR-15 (Brasil, 2013b) o ruído contínuo de 85 dB(A) é considerado o máximo tolerável de exposição para uma jornada de 8 horas diárias de trabalho. Iida (2005) explica que acima desse nível, o tempo de exposição deve ser reduzido, caso contrário começam a surgir riscos aos trabalhadores expostos a esses ruídos contínuos (Tabela 09).

Tabela 9 - Limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente segundo o Anexo nº 01 da NR-15

<b>Nível de Ruído, dB(A)</b>	<b>Exposição máxima permissível por dia</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Brasil, 2013b

### 2.2.11 Formas de medição

Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de medição de pressão sonora operando no circuito de compensação

“A” e circuito de resposta lenta (slow). Devendo as leituras serem realizadas próximas à orelha do trabalhador, conforme Brasil (2013b).

Quando a exposição à pressão sonora se fizer por dois ou mais períodos de exposição de diferentes níveis, devem ser considerados seus efeitos combinados, ao invés dos efeitos individuais (BRASIL, 2013b). Estes efeitos combinados são denominados como dose diária de exposição.

A dose é calculada por meio da soma das seguintes frações:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

[Equação 12]

Onde:

$C_n$  = tempo total de exposição a um nível específico;

$T_n$  = é a duração total permitida a esse nível, conforme limites estabelecidos no anexo I da NR – 15.

O resultado obtido não deverá exceder a um. Saliba (2004) recomenda o uso de um audiodosímetro (medidor de nível de pressão sonora) para obtenção de resultados mais precisos, este aparelho indica a dose em percentagem, ou seja, o limite será ultrapassado quando o resultado for superior a 100%.

Saliba (2004) diz que com base na dose obtida, é possível calcular o nível equivalente de ruído. Este nível indica a exposição ocupacional ao ruído durante o tempo em que a medição foi realizada e representa a integração dos vários níveis instantâneos de ruído ocorridos no período.

Deve-se considerar o incremento de duplicação de dose igual a 5 ( $q = 5$ ), ou seja, com o aumento de 5 dB no ambiente ocupacional a jornada de trabalho deverá ser reduzida pela metade. Sendo assim, o cálculo do nível equivalente é representado pela seguinte equação (BRASIL, 2013b):

$$D = (T/8) \times 2^{[(\text{leq}-17)/5]} \quad \text{[Equação 13]}$$

Onde:

$D$  = dose equivalente em fração decimal, ou seja, o valor obtido no audiodosímetro deve ser dividido por 100;

T = tempo de medição;

q = 5;

leq = nível equivalente de ruído.

Para Grandjean (1998) o Leq é a mais importante medida para caracterizar a sobrecarga sonora. De acordo com Saliba (2013) pode ser calculado um único nível equivalente de ruído (Neq) ou *level equivalent* (Leq), o qual indica o nível de ruído contínuo, isto é, invariável com o tempo. Calculado da seguinte maneira:

$$\text{Leq} = 85 + 16,61 \lg [(D \times 480) / t] \text{ (dB)} \quad \text{[Equação 14]}$$

Onde:

D = dose;

t = tempo de exposição em minutos.

O nível de ação (NA) é o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas, de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição (BRASIL, 2013a). Ainda de acordo com a norma, monitoramento ambiental, informações aos expostos e monitoramento biológico compreendem as ações a serem providenciadas. Para o ruído, o nível de ação corresponde à dose de 0,5, ou seja, 50% da exposição permitida. O nível de ação pode ser representado pela seguinte equação:

$$\text{Leq (NA)} = 85 + 16,61 \lg [(0,5 \times 480) / t] \text{ (dB)} \quad \text{[Equação 15]}$$

Onde:

Leq = nível equivalente de ruído;

t = tempo de exposição em minutos.

### 2.2.12 Instrumentos para medição

De acordo com Fantini Neto (2009) pode-se utilizar para avaliação dos níveis de ruído, um medidor de pressão sonora, popularmente chamado de decibelímetro.

Para Saliba (2004) já para a determinação da dose deve-se utilizar o chamado dosímetro de ruído. Devendo este instrumento estar configurado de acordo com o

estabelecido pela NR-15. O autor ainda destaca o uso dos calibradores acústicos, uma vez que devem ser realizadas calibrações nos instrumentos medidores de nível de pressão sonora antes e depois de cada medição.

#### 2.2.13 Equipamentos de proteção individual

Conforme Saliba (2004) para atenuação do ruído devem ser utilizados protetores auriculares quando não for possível o controle para atenuação do ruído a níveis satisfatórios.

Os tipos de protetores auriculares são:

- Circum auriculares – com peças laváveis e de reposição;
- De inserção:
  - Moldáveis – espuma de expansão graduada (não lavável);
  - Pré-moldados – silicone, PVC (laváveis).

#### 2.2.14 Taxa de redução de ruído

O NRR, *Noise Reduction Rate*, é popularmente conhecido como taxa de redução de ruído.

Saliba (2013) explica que é uma taxa calculada em laboratório, de acordo com normas específicas, indicando a atenuação de ruído (dB) fornecida pelo protetor auricular.

O trabalhador deve utilizar o protetor auricular durante todo o período em que estiver exposto ao ruído que originou a dose, com objetivo de atenuar efetivamente a pressão sonora.

Alguns NRRs devem ser corrigidos pela norma ANSI 12.6/84 afim de mais se aproximarem das condições reais de uso, sendo (SALIBA, 2013):

- Protetor circum auricular = multiplicar o NRR de laboratório por 0,75
- Protetor moldável = multiplicar o NRR de laboratório por 0,50
- Protetor pré-moldado = multiplicar o NRR de laboratório por 0,30

A atenuação é calculada através da seguinte equação:

$$\text{NRR} = \text{Neq} - \text{N} + 7 \quad [\text{Equação 16}]$$

ou

$$\text{NRRsf} = \text{Neq} - \text{N} \quad [\text{Equação 17}]$$

Onde:

NRR ou NRRsf = atenuações necessárias, conforme o método de ensaio utilizado;

Neq = nível representativo da exposição, em conformidade com a dose;

N = nível permitido em função do tempo de exposição diária, segundo a NR – 15

Constante 7 = fator incluído como margem de segurança quando há dúvida quanto à predominância de frequências baixas (ANSI S 12.6/84).

O NRRsf não necessita de correção. Este método de avaliação do protetor é desenvolvido em condições mais próximas das de uso (SALIBA, 2013). O autor ainda recomenda que para calcular a atenuação sem correção, utilize-se a seguinte equação:

$$\text{NPSc} = \text{NPS} - \text{NRRsf} \quad [\text{Equação 18}]$$

Onde:

NPSc = nível de pressão sonora com proteção;

NPS = nível de pressão sonora no ambiente em dB (A).

### 2.2.15 Surdez provocada pelo ruído

Iida (2005) salienta que como consequência mais evidente devido ao ruído em excesso é a surdez. Existem dois tipos de surdez: a surdez por condução e a surdez nervosa.

A estes danos da audição provocados pela exposição ao ruído, chamamos de surdez por ruído (GRANDJEAN, 1998).

A surdez por condução é resultado de uma redução na capacidade de transmitir as vibrações, da orelha externa para o interno. Podendo ser causada por diversos fatores, como acúmulo de cera, infecção ou perfuração do tímpano (IIDA, 2005).



Segundo Iida (2005) a surdez nervosa ocorre no ouvido interno e se dá à redução da sensibilidade das células nervosas da cóclea. O autor ressalta que esse tipo de surdez ocorre quando há uma exposição prolongada a um ruído intenso. Essas perdas ocorrem nas faixas de alta frequência, ou seja, a partir de 1000 Hz, tornando-se irreversíveis (Figura 22).

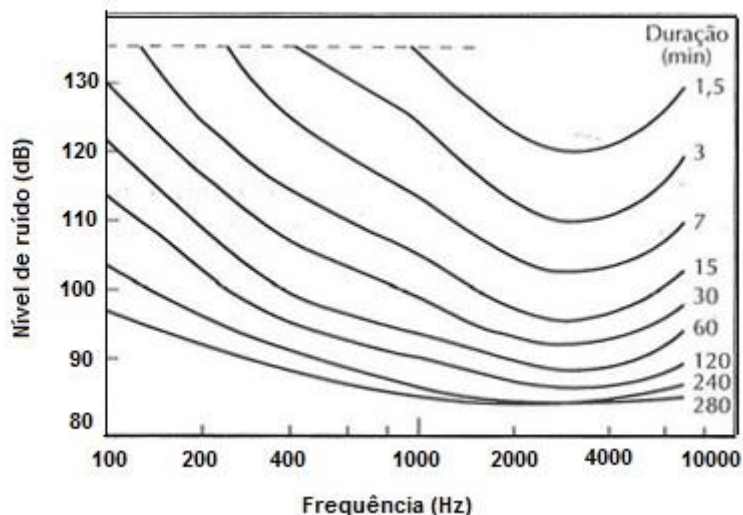


Figura 16 - Frequências causadoras de surdez  
Fonte: Iida (2005)

A surdez, ainda pode ser de caráter temporário e reversível. Uma exposição diária, ao decorrer da jornada de trabalho, a um dado nível elevado de ruído provocará algum tipo de surdez temporária, o que muito embora possa desaparecer com o descanso diário.

Iida (2005) e Grandjean (1998) explicam que em contrapartida, pode ser que esse descanso não seja suficiente, se levarmos em consideração outros fatores como frequência, intensidade e tempo de duração da exposição ao ruído, ocasionando efeito cumulativo, levando a um quadro de surdez permanente com o passar do tempo.

### 2.2.16 Estado da Arte

Cunha (2000) avaliou os níveis de vibração e ruídos gerados nas atividades com três motosserras. Para a obtenção dos dados, o autor baseou-se na norma ISO 5349, foi utilizado acelerômetro da marca *Bruel & Kjaer* bem como adaptadores da mesma marca para as empunhaduras frontal e traseira das motosserras avaliadas. Em virtude da instrumentação utilizada na medição da vibração e para fins de praticidade e minimização de possíveis erros de leitura, o autor optou por mensurar os valores em dB e posteriormente converte-los para  $m/s^2$ . No teste em campo, os resultados encontrados foram  $4,3 m/s^2$  para a empunhadura frontal e  $7,4 m/s^2$  para a empunhadura traseira. Como conclusão o autor sugere a definição de níveis de ação, sendo este na ordem de  $2,5 m/s^2$  para vibração em mãos e braços.

Seguindo esta linha de pesquisa, Flores (2010) avaliou a exposição ocupacional à vibração em mãos e braços na operação de lixadeiras orbitais utilizadas em marcenarias. Para a obtenção dos dados, a autora utilizou acelerômetro das marcas *Bruel & Krael* e *Delta Tron*. Em razão do curto ciclo da atividade de lixar, foram realizadas três avaliações de 20 segundos cada, totalizando um minuto. Comparando os valores obtidos com os critérios determinados pela Diretiva 2002/44/EU e ACGIH, a autora concluiu que a exposição dos trabalhadores deve ser controlada, uma vez constatada a inexistência de limites de tolerância e níveis de ação na legislação brasileira. Ressaltou ainda a importância de acompanhamento médico específico para os trabalhadores. Muito embora, a grande maioria dos valores encontrados apresentaram-se acima dos limites de tolerância, níveis de ação e tempos de exposição sugeridos pela Diretiva 2002/44/EU e ACGIH respectivamente.

Já Ferreira (1993), realizou ensaios em 24 esmerilhadeiras pneumáticas presentes numa oficina de trabalho. Os resultados encontrados, indicaram que a vibração produzida no punho auxiliar (apoio frontal removível) é significativamente superior à vibração gerada no punho principal (apoio fixo traseiro). O autor explica que o eixo da vibração dominante é paralelo ao eixo de rotação das ferramentas. A frequência predominante da vibração foi de aproximadamente 120 Hz e esta atrelada à velocidade de rotação da ferramenta. A pressão aplicada sobre o punho principal não demonstrou influência na vibração gerada pela ferramenta, mas pode influenciar na modificação da transmissão da vibração no sistema músculo-esquelético. Esclareceu ainda, que variação da vibração ao longo do punho auxiliar foi medida por diversos

pesquisadores, sendo que, a magnitude da vibração na extremidade final do punho, pode ser duas vezes maior que aquela medida na parte inicial próxima ao corpo da ferramenta.

### 3 METODOLOGIA

De acordo com Lakatos (2001), o presente trabalho tem seu método científico caracterizado como hipotético dedutivo, pois este método é aplicado com o propósito de explicar o conteúdo de premissas, ou seja, os argumentos dedutivos ou estão corretos ou incorretos, excluindo possíveis graduações intermediárias. Já quanto sua classificação, Severino (2007) define como estudo de caso. Este consiste em profundo e exaustivo estudo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2007).

Quanto a abordagem, esta pesquisa pode ser classificada como quantitativa, uma vez que se preocupou com a representatividade numérica, ou seja com o levantamento de valores pontuais, e, diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados por meio de números ou parâmetros (GIL, 1999; GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

#### 3.1 Bibliometria Scopus

No presente estudo, a análise bibliométrica aqui demonstrada, tem por intuito verificar como andam as publicações e estudos acadêmicos sobre a percepção de satisfação dos usuários quanto às características do projeto.

De acordo com Prasad; Tata (2005) apud Pereira *et al.* (2013) por meio da análise, é possível identificar os periódicos que mais publicaram e as áreas relacionadas à temática da pesquisa.

Para esta pesquisa, a base de dados definida foi a *Scopus*. Com o objetivo de utilizar essa base de dados, foram definidas palavras-chave de acordo com o tema abordado.

Para definir as palavras-chave, determinou-se a área como primeira etapa (Quadro 1).

Quadro 1 - Definição da área, assunto e tema da pesquisa

Nível	Descrição	Exemplo
Área de Pesquisa	Área da ciência que se enquadra o assunto da pesquisa	Engenharias Gestão
Assunto	Matéria ou objeto de pesquisa que se trata (AURÉLIO, 2010)	Salubridade Ambiente de trabalho
Tema	Delimitação do assunto que especifica de maneira precisa os parâmetros da pesquisa (espacial, temporal, aspecto específico).	Avaliação dos riscos ocupacionais na construção civil

Fonte: O Autor, 2014.

A etapa seguinte consistiu em decompor os níveis obtidos em palavras-chave significativas, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Decomposição do assunto e do tema em palavras chaves significativas

Nível	Descrição	Exemplo
Área de Pesquisa	Engenharias Gestão	
Assunto	Salubridade Ambiente de trabalho	"health" AND "work"
Tema	Avaliação da vibração ocupacional e nível de pressão sonora na construção civil	"evaluation" AND "vibration" AND "noise" AND "occupational"

Fonte: O Autor, 2014.

Com a definição das palavras-chave, foi realizada busca por artigos científicos que apresentassem tais palavras. Destes artigos encontrados e que apresentaram relevância para a pesquisa, novas palavras-chave foram selecionadas, no entanto, estas

novas palavras foram as que foram utilizadas na busca de arquivos científicos na base de dados *Scopus*. Palavras similares ou sinônimas são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Palavras similares ou sinônimas

Nível	Decomposição	Termo em inglês	Similares e sinônimos
Área de Pesquisa	Engenharias Gestão		
Assunto	"risco ocupacional"	"occupational risk"	"risks" "health care policy" "risk assessment" "environmental exposure" "occupational exposure"
	"ambiente de trabalho"	"workplace"	"ambient" "home building" "construction"
Tema	"avaliação"	"evaluation"	"follow up" "evaluation studies" "case report"
	"riscos vibração e ruído na construção civil"	"risk" "vibration" "noise" "construction industry" "construction building industry" "building construction"	

Fonte: O Autor, 2014.

A busca na base de dados do *Scopus* foi realizada através da seguinte *string* de pesquisa: ("risk factors" OR "health care policy" OR "risk assessment" OR "environmental exposure" OR "occupational exposure") AND ("ambient" OR "home building" OR "construction") AND ("follow up" OR "evaluation studies" OR "case

report”) AND (“risk” OR “vibration” OR “noise” OR “construction building industry” OR “building construction”).

### 3.1.1 Resultados das análises dos dados

A análise inicial, fornecida pelo *Scopus*, mostrou que, houve um aumento no número de publicações a partir de 2005 (Figura 17). Antes as publicações não passavam de 05 até 2005, passando para 16 publicações em 2007 e variando ao longo dos anos. O maior número de publicações foi registrado em 2013, ano em que houve 18 publicações relacionadas ao tema vibração e/ou nível de pressão sonora.

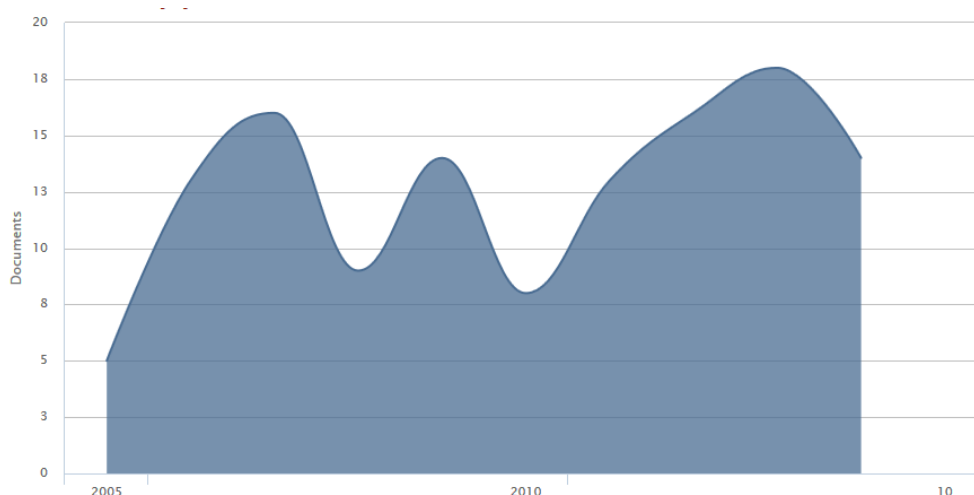


Figura 17 - Publicações por ano

Fonte: *Scopus* (2014)

Outra análise realizada através da base de dados foi a verificação das instituições de origens dos autores. Para essa análise, foram observadas as 15 primeiras instituições com maior número de publicações.

Observou-se que os Estados Unidos da América é a localidade com maior número de publicações, aparecendo em primeiro lugar, a “*Harvard University*” com 30 publicações. Em segundo lugar, a “*Southeast University*” da República da China com 25 publicações. Em terceiro lugar e em décimo quinto lugar aparecem instituições do Japão e Colômbia respectivamente.

O Brasil aparece em vigésimo terceiro lugar com apenas uma publicação (Figura 18).

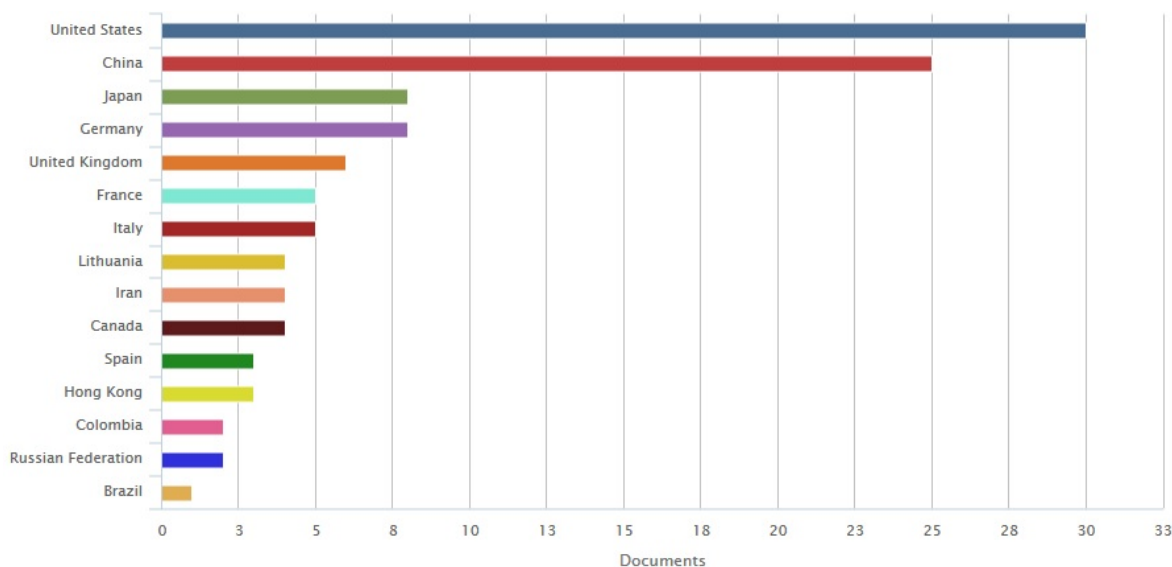


Figura 18 - Publicações por país  
Fonte: Scopus (2014).

Destaca-se inclusive que o artigo encontrado do Brasil, encontrado na base de dados do *Scopus*, é o mesmo já comentado no item 2.2.16 desta dissertação. Trata-se de um artigo focado nas áreas de exploração florestal e segurança do trabalho, datado no ano de 2000.

### 3.2 Locais para coleta de dados

Para a coleta de dados do presente trabalho, foi selecionada uma frente de trabalho na qual a empresa em questão iniciou as atividades para realizar construção de novo piso e reforma do piso existente (Figuras 19 e 20) em dois locais com áreas totais distintas. Neste caso, a área menor, 200 m<sup>2</sup>, seria destinada para estoque de produtos de uma rede de supermercados localizada no município de São José dos Pinhais – PR. Já a área maior, destina-se a produção de bombas de água de porte industrial, totalizando 4000 m<sup>2</sup>, localizada no município de Curitiba – PR.



Para ambas as obras, a jornada de trabalho dos funcionários era de oito horas diárias, com escala de seis dias por semana de trabalho e um dia de folga. A Figura 19 apresenta a imagem do piso no estado inicial, ou seja, antes do início da reforma com a utilização da fresadora de pisos. Já a Figura 20 apresenta uma foto após a utilização da fresadora de piso.



Figura 19 - Piso antes da reforma  
Fonte: O autor (2014)

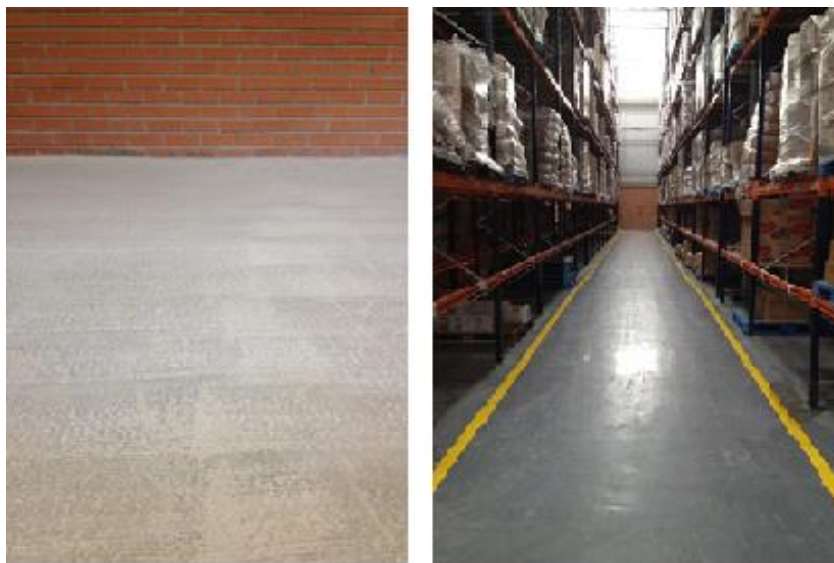


Figura 20 - Rugosidades no piso ocasionados pela fresadora e resultado final  
Fonte: O autor (2014)

Para melhor organização da dissertação e discussão dos resultados, o ambiente menor no qual foi feita a utilização da fresadora de pisos será denominado intencionalmente de "A" e o ambiente maior será chamado de Local "B". A Figura 21 apresenta um leiaute do ambiente "A" e a Figura 22 do ambiente maior chamado de local "B".

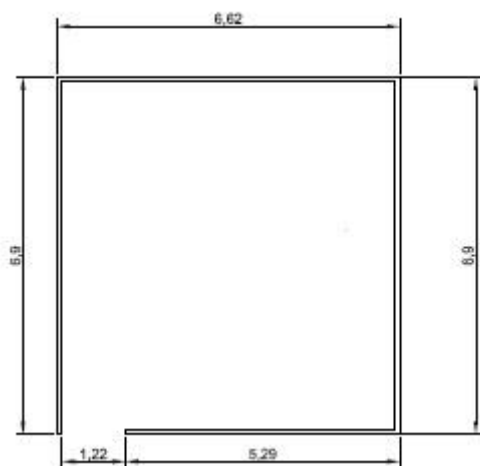


Figura 21 - Layout local "A"  
Fonte: O autor (2014)

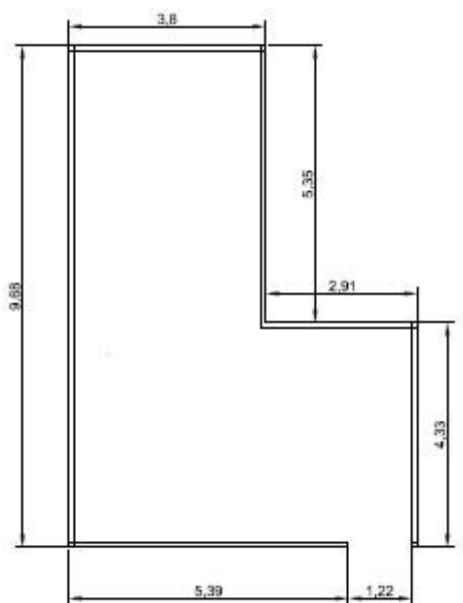


Figura 22 - Layout local "B"  
Fonte: O autor (2014)

### 3.3 Instrumento utilizado para avaliação da vibração

Para a medição de vibração no local de estudo, utilizou-se um acelerômetro, marca 01db, modelo Vib 008 (Figura 23) devidamente calibrado.



Figura 23 - Acelerômetro utilizado para medição da vibração  
Fonte: O autor (2014).

Para análise dos dados coletados também foi utilizado o *software* dBMaestro versão 7.0 fornecido pela 01dB, através deste *software* foi possível gerar os gráficos onde é correlacionado o tempo de medição com a intensidade da vibração em  $m/s^2$  bem como os valores individuais para os eixos x, y e z bem como o valor total calculado para a aceleração equivalente normalizada A(8). Estes gráficos serão apresentados no próximo capítulo.

### 3.4 Características do equipamento objeto de estudo

Os dois equipamentos avaliados, denominados intencionalmente de “1” e “2”, são definidos como fresadora de piso (Figura 24). As duas possuem as mesmas especificações técnicas, tendo como única diferença o tempo de vida útil de operação, o equipamento “1” é utilizado há 12 meses, enquanto o equipamento “2” é utilizado há 6 meses. As características técnicas de ambas são demonstradas a seguir:

- Motor: 4 CV
- Tensão: 220 / 380 / 440 trifásico
- Peso: 180 kg
- Rendimento: 20 a 50 m<sup>2</sup>/hora
- Profundidade máxima de corte por passada: 3 a 5 mm
- Largura de trabalho: 300 mm

A principal aplicação da fresadora de piso é voltada para trabalhos leves e semi-pesados de apicoamento e limpeza de pisos de concreto, pedra, contrapisos e asfalto.

Sua utilização para formar o apicoamento ou rugosidade em pisos industriais tem por objetivo a garantia de ancoragem do novo revestimento. No entanto, é de fundamental importância sua aplicação em um primeiro estágio da obra para remoção do antigo revestimento, que geralmente encontra-se em estado mais rígido e espesso.



Figura 24 - Fresadora de piso, equipamento objeto de estudo  
Fonte: O autor (2014)

### 3.5 Medição da vibração

Para obtenção dos resultados individuais dos eixos ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ) e valor da aceleração equivalente normalizada da vibração de mão e braço, o acelerômetro permaneceu junto ao corpo do equipamento objeto de estudo (Figura 25) durante 20 minutos. Este processo foi realizado 01 vez, durante 20 minutos por dia, totalizando 60 minutos de medição por equipamento em cada local. Destaca-se que a cada medição fazia-se uma nova fixação do acelerômetro na fresadora de pisos e o medidor de vibração permanecia posicionado na cintura do operador a cada nova medição (Figuras 26, 27 e 28) em conformidade com as recomendações apresentadas pela Norma de Higiene Ocupacional – NHO 10. Observa-se que cada medição de 20 minutos foi feita em um dia distinto, para verificar se não poderiam estar ocorrendo diferenças significativas de vibração, em função da fixação do acelerômetro na manopla da fresadora de pisos.

Ressalta-se que no trabalho de Cunha (2006) foram feitas medições com cinco repetições para cada posição do posto de trabalho avaliado em marmoraria, totalizando uma hora de mensuração. Ao passo que Flores (2010) realizou três avaliações de vinte segundos para cada ferramenta, totalizando um minuto de mensuração.

Segundo Mansfield (2005), quando o tempo do ciclo da atividade é pequeno, torna-se conveniente realizar mais de uma medição do ciclo por inteiro. Entretanto, para exposições maiores, apenas uma amostra representativa é geralmente adequada. Para vibrações de mão e braço, devem ser feitas amostras de no mínimo vinte segundos, com três repetições pelo menos.



Figura 25 - Acelerômetro posicionado para coleta dos dados  
Fonte: O autor (2014)

Desta maneira, cada equipamento, “1” e “2”, passaram por 03 avaliações de 20 minutos cada, nos locais “A” e “B”, totalizando 12 avaliações (12 dias), como demonstrado na Tabela 10. Importante citar que escolheu-se três momentos da jornada de trabalho para realização destas avaliações, sendo que cada avaliação ocorreu em dias distintos, somando ao final, 12 (doze) dias de mensurações aleatoriamente.

Tabela 10 - Demonstrativo avaliações

<b>Avaliação</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Local</b>	<b>Nº de medições</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Total (min)</b>
1	“1”	A	03	20	60
2	“2”	A	03	20	60
3	“1”	B	03	20	60
4	“2”	B	03	20	60

Fonte: O Autor, 2014.

A Fundacentro (2013) explica que algumas dificuldades de posicionamento e de fixação dos acelerômetros, em alguns casos, podem ser superadas pelo uso de adaptadores projetados especialmente para esta finalidade. Nestes casos, durante a

medição, o acelerômetro é fixado no adaptador e este é posicionado no ponto de medição.

O sensor triaxial do acelerômetro foi fixado na empunhadura da fresadeira, permanecendo próximo à mão do trabalhador de maneira que não prejudicasse a atividade, obedecendo às recomendações estabelecidas pela NHO 10 da Fundacentro (Figura 25).

Em razão do tamanho das áreas e tempo para executar a atividade, foram realizadas doze mensurações, sendo seis mensurações de 20 minutos cada no local “A” e seis mensurações de 20 minutos no local “B”.

Para cada local, foram realizadas três avaliações de 20 minutos em cada máquina, totalizando uma hora de mensuração. Tempo este, suficiente para abranger as posturas e procedimentos realizados pelos operadores. O resultado final corresponde ao nível equivalente das repetições avaliadas. Desconsiderou-se as interrupções e pausas efetuadas entre uma avaliação para outra.



Figura 26 - Coleta dos dados I  
Fonte: O autor (2014)

Os dois locais apresentavam pisos em acabamento de cimento queimado, após a aplicação da fresadora ambos receberam como acabamento final piso epóxi autonivelante para tráfego industrial. A dureza média destes pisos levantadas *in loco* era de 25 Mpa. A largura de fresagem foi padronizada em 300 mm e a profundidade em 5 mm para todas as condições ensaiadas.



Figura 27 - Coleta dos dados II  
Fonte: O autor (2014)



Figura 28 - Coleta dos dados III  
Fonte: O autor (2014)



Ao final da avaliação os dados foram descarregados no computador para análise dos valores acima citados para posterior conclusão e recomendações cabíveis com base na norma ISO 5349:2001, ACGIH e Anexo n 08 da NR15 disponibilizado para consulta pública no mês de janeiro de 2014.

### **3.6 Locais para coleta de dados do nível de ruído**

Para a coleta de dados do nível de ruído, a avaliação foi realizada em conjunto com a avaliação do agente vibração.

Os locais também foram denominados de “A” e “B” para análise dos resultados obtidos.

### **3.7 Instrumento utilizado para avaliação do nível de pressão sonora**

As medições de ruído foram realizadas em todos os estabelecimentos selecionados e em dias distintos.

Para a medição de nível de pressão sonora nos 2 (dois) locais de estudo, utilizou-se um dosímetro de ruído da marca Instrutherm, modelo DOS 500 (Figura 29). Para aferição do dosímetro foi utilizado um calibrador da marca Instrutherm, modelo CAL 3000.



Figura 29 - Medidor de nível de pressão sonora utilizado  
Fonte: O autor (2014)

Para análise dos dados coletados também foi utilizado o *software* versão 8.3 fornecido pela Instrutherm, através deste *software* foi possível gerar o gráfico onde é correlacionado o tempo de medição com a intensidade da pressão sonora em dB (A).

### **3.8 Medição do ruído**

Para a medição tomou-se como base para a configuração do dosímetro de ruído os parâmetros estabelecidos pela Norma Regulamentadora 15, ou seja, taxa de troca igual a 5 dB, resposta lenta e nível de critério de 85 dB(A).

Para obtenção da dose de nível de pressão sonora, aleatoriamente escolheu-se o quarto e oitavo dias da mensuração do agente vibração, o dosímetro permaneceu 12,5% do tempo da jornada de trabalho junto do funcionário, ou seja, 60 minutos de medição. Com o resultado da dose de 12,5% obtida pode-se determinar a dose correspondente a 100% da jornada de trabalho, através da regra de três. Uma vez calculado o valor correspondente a 100% da dose, o próximo passo foi calcular o nível equivalente de nível de pressão sonora (Neq), para só então ser realizada análise de acordo com a Tabela 09, já apresentada, a mesma é apresentada pela NR 15 – ANEXO 1.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos das medições de vibração e ruído realizadas nos dois ambientes de estudo, identificados como locais "A" e "B", conforme já mencionado.

### 4.1 Discussões iniciais sobre a análise da vibração localizada (de mão e braço)

Sabendo que a jornada de trabalho em ambas empresas analisadas era de 8 horas, ou seja, 480 minutos pode-se calcular a aceleração total (para as 8 horas de trabalho), nível de aceleração equivalente e estimativa do aparecimento dos primeiros sintomas da síndrome dos dedos brancos.

Destaca-se que o nível de ação e o limite de tolerância recomendados para mão e braço pela Diretiva Européia 2002/44/EU e o provisório Anexo nº 08 da NR-15 são os mesmos, enquanto a ACGIH apresenta valores diferentes conforme demonstrado nas Tabelas 10 e 11 respectivamente.

Tabela 11 - Valores apresentados pela Diretiva 2002/44/EU e Anexo N° 08 da NR 15

Área	Nível de ação quanto a vibração para 8 horas, $m/s^2$	Limite de exposição à vibração para 8 horas, $m/s^2$
Mãos e braços	2,5	5,0

Fonte: O autor, 2014.

Tabela 12 - Valores estabelecidos pela ACGIH para VMB

Duração total da exposição diária	Valor máximo de vibração (VMB) permitido, m/s <sup>2</sup>
	m/s <sup>2</sup>
4 horas e menos de 8	4
2 horas e menos de 4	6
1 hora e menos de 2	8
Menos de 1 hora	12

Fonte: ACGIH, 2013.

Portanto, de acordo com a Diretiva Européia 2002/44/EU e o novo texto proposto pelo Anexo nº 08 da NR-15, o limite máximo de tolerância de exposição à vibração para os trabalhadores é de 5 m/s<sup>2</sup>, ou seja, a exposição dos trabalhadores a um valor acima do referido, caracteriza-se insalubridade, caso não haja nenhuma providência para atenuação deste valor.

Já de acordo com a norma da ACGIH que é seguida por muitos países, o valor máximo permitido, é um pouco menor, ou seja, 4 m/s<sup>2</sup>, sendo portanto mais restritiva que a Diretiva Européia e a nova proposta do Ministério do Trabalho e Emprego que estipulam um máximo de 5 m/s<sup>2</sup>. Acredita-se que este valor mais restritivo da ACGIH seria mais interessante para o Brasil visto que está sendo criado este parâmetro, e quanto mais limitante este for, mais segurança pode gerar para os trabalhadores e menos doenças advindas da vibração excessiva pode causar.

Observa-se ainda que os parâmetros da ACGIH além de serem mais restritivos são de certa forma mais inteligentes, pois limitam os valores de vibração aos respectivos tempos aos quais o trabalhador está sujeito. Desta forma, o indivíduo até pode ficar exposto a um valor acima de 5 m/s<sup>2</sup> (valor máximo estipulado pela Diretiva Européia e pela NR-15), só que ele deve o fazer reduzindo o tempo de exposição a esta vibração.

#### 4.1.1 Resultados da avaliação local “A” máquina “1”

Os valores individuais da máquina “1” para os eixos x, y e z (Tabela 13) coletados ao término das 3 medições realizadas no local “A”, em 3 (três) dias distintos, referem-se a 60 minutos da jornada de trabalho. A partir destes valores pode-se obter a aceleração total e nível de aceleração equivalente, por meio do *software* de vibração da empresa 01 dB que foi utilizado..

Tabela 13 - Resultados medições local "A" máquina "1"

LOCAL "A" Máquina "1"				
	Aw <sub>x</sub>	Aw <sub>y</sub>	Aw <sub>z</sub>	A(8)
<b>Máq. 1 (avaliação A)</b>	8,62	11,2	6,75	-
<b>Máq. 1 (avaliação B)</b>	9,25	11,37	6,83	-
<b>Máq. 1 (avaliação C)</b>	9,4	10,79	7,09	-
<b>Máq. 1 (Equivalente)</b>	<b>9,09</b>	<b>11,12</b>	<b>6,89</b>	<b>15,93</b>

Fonte: O autor, 2014.

Como pode ser observado, o *software* fornece além dos valores de 9,09 m/s<sup>2</sup>, 11,12 m/s<sup>2</sup> e 6,89 m/s<sup>2</sup>, ou seja, as acelerações obtidas nos eixos x, y e z respectivamente, também demonstra o valor de 15,93 m/s<sup>2</sup>, calculado para o nível de aceleração equivalente A(8). No entanto, a seguir é apresentado o memorial de cálculo para validação do exposto.

O valor calculado para a aceleração total foi de:

$$At = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad \text{[Equação 19]}$$

$$At = \sqrt{9,09^2 + 11,12^2 + 6,89^2} = 15,93 \text{ m/s}^2 \quad \text{[Equação 20]}$$

Com base neste resultado, pode-se concluir que o nível de aceleração equivalente à vibração para o local “A” com o equipamento 1 (que é o mais velho, com 12 meses de uso) corresponde a 15,93 m/s<sup>2</sup>, o que extrapola em muito os limites recomendados pela Legislação para 8 horas de serviço. No caso da Diretiva Européia e da nova proposta do anexo nº 8 da NR-15, que tem como limite de tolerância 5 m/s<sup>2</sup>, o valor encontrado foi 3 vezes maior que o limite existente, mostrando o quanto uma

situação corriqueira de se utilizar uma fresadora de piso pode gerar de consequências negativas para a saúde dos trabalhadores envolvidos. Nota-se que neste caso tem-se um ambiente extremamente insalubre para o funcionário.

Cabe destacar ainda que segundo a Tabela 2, que versa sobre a Diretiva Européia e NR-15, vibrações equivalentes acima de  $2,5 \text{ m/s}^2$  já exigem ações por parte do empregador para tentar minimizá-las.

Quando se compara o valor obtido ( $15,93 \text{ m/s}^2$ ) com o limite existente na legislação americana da ACGIH, percebe-se pela Tabela 12, que mesmo que o tempo deste trabalho, ou seja, da utilização deste equipamento, fosse de apenas 5 ou 10 minutos, o mesmo não poderia ocorrer sem estar prejudicando o funcionário, pois o limite de exposição a vibração, segundo a ACGIH, para tempos menores que 1 hora é de  $12 \text{ m/s}^2$ . No caso em questão ao se entrar nesta mesma tabela nota-se que pelo tempo de trabalho de 8 horas, o limite é de  $4 \text{ m/s}^2$ , estando portanto o valor obtido, nesta condição ensaiada, praticamente 4 vezes superior ao permitido.

A Figura 30 retirada do *software* de aquisição de vibração utilizado, fornece uma visão mais global dos valores de vibração obtidos ao longo do ensaio na condição mencionada e a constante superação do limite de tolerância representado por uma linha vermelha.

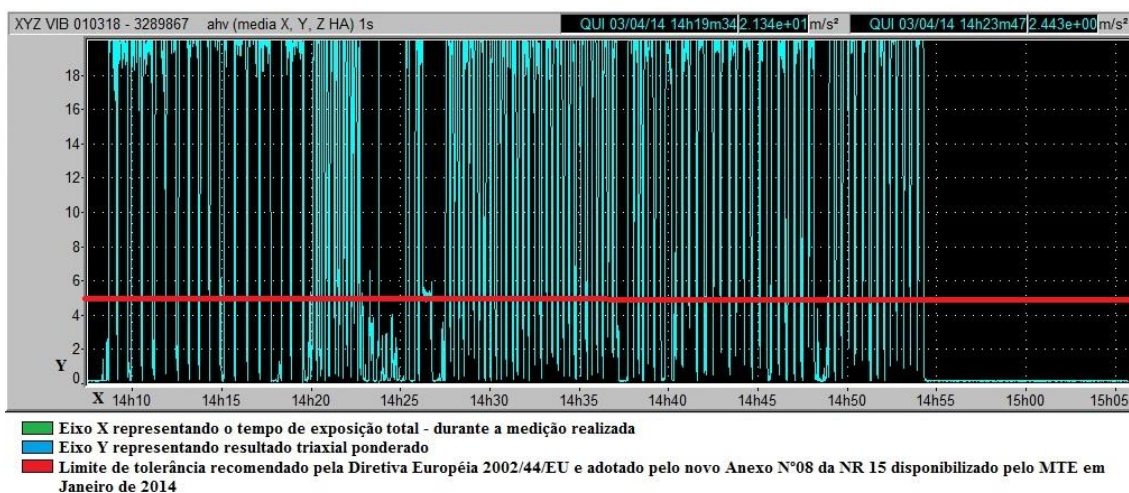


Figura 30 - Resultado integral da avaliação realizada  
 Fonte: O autor, 2014.

Como os valores obtidos de vibração foram elevados conforme descrito anteriormente, fez-se também o cálculo do tempo para o aparecimento dos primeiros sintomas da Síndrome dos dedos brancos nos trabalhadores ( $D_y$ ), segundo teoria exposta no capítulo 2 desta dissertação.

$$D_y = 31,8 [A(8)]^{-1,06} \quad \text{[Equação 21]}$$

$$D_y = 31,8 [15,93]^{-1,06} = 1,7 \text{ anos} \quad \text{[Equação 22]}$$

De acordo com os valores obtidos tem-se que dentro de 1,7 anos o empregado nesta condição já começará a sofrer com estes sintomas. Observa-se que este é um tempo curto, pois muitos trabalhadores ficam em uma mesma função por vários anos dentro da construção civil, ainda mais em serviços que exigem pouco nível de escolaridade.

Dado este cenário, pode-se concluir a gravidade do problema com base na pesquisa de Silva (2008), onde a pesquisa realizada pela autora no município do Rio de Janeiro, contemplou uma empresa de médio porte com 20 operários e demonstrou que 33% tinham até 2 anos de trabalho no setor, 17% entre 2 e 5 anos, 16% entre 10 e 15 anos e 17% possuíam mais de 20 anos de trabalho na indústria da construção civil.

Cabe destacar que os valores de vibração obtidos para as fresadoras de piso foram ainda maiores que os obtidos em ensaios com outros equipamentos da construção civil e similares como lixadeiras (FLORES, 2010) e motosserras (CUNHA, 2000).

#### **4.1.2 Resultados da avaliação local “A” máquina “2”**

Os valores individuais da máquina “2” para os eixos x, y e z (Tabela 14) coletados ao término da medição no local “A” referem-se a 60 minutos da jornada de trabalho. A partir destes valores pode-se obter a aceleração total e nível de aceleração equivalente.

Tabela 14 - Resultados medições local "A" máquina "2"

LOCAL "A" Máquina "2"				
	Awx	Awy	Awz	A(8)
<b>Máq. 2 (avaliação A)</b>	9,64	13,87	6,41	-
<b>Máq. 2 (avaliação B)</b>	9,93	13,5	5,19	-
<b>Máq. 2 (avaliação C)</b>	10,01	13,82	6,1	-
<b>Máq. 2 (Equivalente)</b>	9,85	13,73	5,9	<b>17,9</b>

Fonte: O autor, 2014.

Como pode ser observado, o *software* fornece além dos valores de 9,85 m/s<sup>2</sup>, 13,73 m/s<sup>2</sup> e 5,90 m/s<sup>2</sup> dos eixos x, y e z respectivamente, também demonstra o valor de 17,90 m/s<sup>2</sup>, calculado para o nível de aceleração equivalente A(8). No entanto, a seguir é apresentado memorial de cálculo para validação do exposto.

O valor calculado para a aceleração total foi de 17,90 m/s<sup>2</sup>, enquanto que o valor calculado para o aparecimento dos primeiros sintomas da Síndrome dos dedos brancos nos trabalhadores foi de 1,5 anos.

O *software* ainda fornece gráficos que correlacionam o tempo de exposição com os valores mensurados, o que possibilita um melhor entendimento da gravidade do problema (Figura 31).

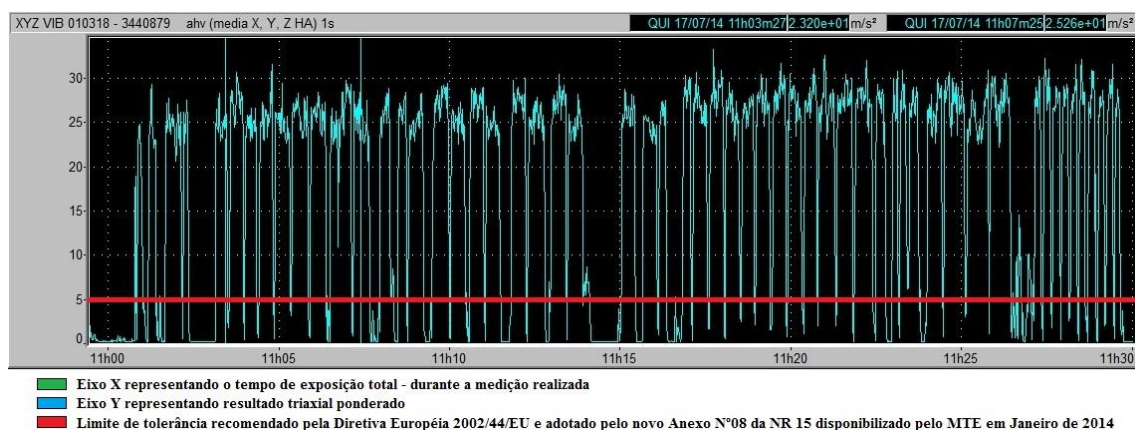


Figura 31 - Resultado integral da avaliação realizada

Fonte: O autor, 2014.



Com base neste resultado, pode-se concluir que o nível de aceleração equivalente à vibração para o local “A” corresponde a 17,90 m/s<sup>2</sup>, através do gráfico gerado pelo *software* do acelerômetro nota-se que o valor recomendado como limite de tolerância de 5 m/s<sup>2</sup> é constantemente ultrapassado durante o período de medição. De acordo com o valor referente ao limite de tolerância para vibração de mão e braço, apresentado pela nova proposta da NR 15 – Anexo 08, para este nível calculado de aceleração total encontrado, o limite recomendado é excedido, ou seja, o ambiente de trabalho ao qual os trabalhadores estão expostos fica caracterizado como insalubre em grau médio.

#### 4.1.3 Resultados da avaliação local “B” máquina “1”

Os valores individuais da máquina “1” para os eixos x, y e z (Tabela 15) coletados ao término da medição no local “B” referem-se a 60 minutos da jornada de trabalho. A partir destes valores pode-se obter a aceleração total e nível de aceleração equivalente.

Tabela 15 - Resultados medições local "B" máquina "1"

LOCAL "B" Máquina "1"				
	Awx	Awy	Awz	A(8)
<b>Máq. 1 (avaliação A)</b>	11,37	15,62	7,95	-
<b>Máq. 1 (avaliação B)</b>	10,86	16,7	7,29	-
<b>Máq. 1 (avaliação C)</b>	10,68	15,22	7,86	-
<b>Máq. 1 (Equivalente)</b>	10,97	15,67	7,7	<b>20,62</b>

Fonte: O autor, 2014.

Como pode ser observado, o *software* fornece além dos valores de 10,97 m/s<sup>2</sup>, 15,67 m/s<sup>2</sup> e 7,70 m/s<sup>2</sup> dos eixos x, y e z respectivamente, também demonstra o valor de 20,62 m/s<sup>2</sup>, calculado para o nível de aceleração equivalente A(8).

O valor calculado para a aceleração total foi de 20,62 m/s<sup>2</sup>, enquanto que o valor calculado para o aparecimento dos primeiros sintomas da Síndrome dos dedos brancos nos trabalhadores foi de 1,3 anos.

O software ainda fornece gráficos que correlacionam o tempo de exposição com os valores mensurados, o que possibilita um melhor entendimento da gravidade do problema (Figura 32).

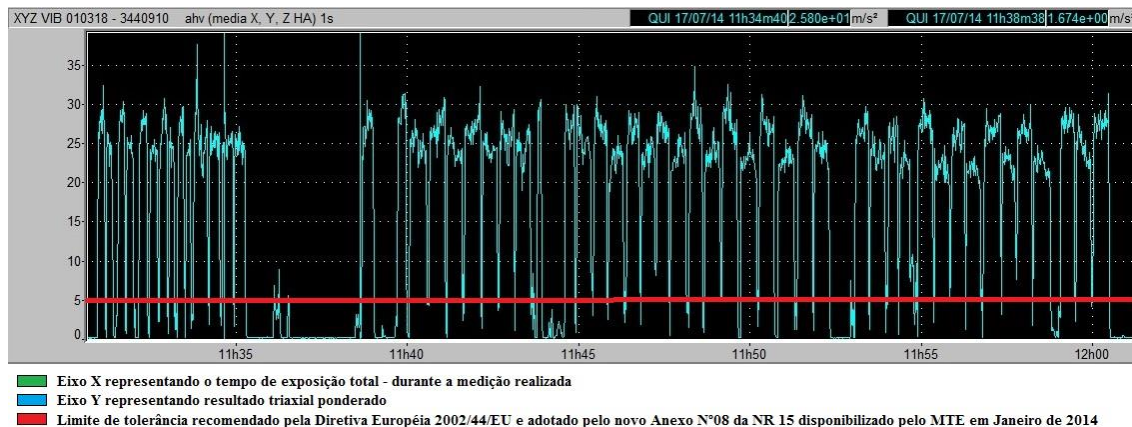


Figura 32 - Resultado integral da avaliação realizada

Fonte: O autor, 2014.

Com base neste resultado, pode-se concluir que o nível de aceleração equivalente à vibração para o local “A” corresponde a 20,62 m/s<sup>2</sup>, através do gráfico gerado pelo *software* do acelerômetro nota-se que o valor recomendado como limite de tolerância de 5 m/s<sup>2</sup> é constantemente ultrapassado durante o período de medição. De acordo com o valor referente ao limite de tolerância para vibração de mão e braço, apresentado pela nova proposta da NR 15 – Anexo 08, para este nível calculado de aceleração total encontrado, o limite recomendado é excedido, ou seja, o ambiente de trabalho ao qual os trabalhadores estão expostos fica caracterizado como insalubre em grau médio.

#### 4.1.4 Resultados da avaliação local “B” máquina “2”

Os valores individuais da máquina “2” para os eixos x, y e z (Tabela 16) coletados ao término da medição no local “B” referem-se a 60 minutos da jornada de trabalho. A partir destes valores pode-se obter a aceleração total e nível de aceleração equivalente.

Tabela 16 - Resultados medições local "B" máquina "2"

LOCAL "B" Máquina "2"				
	Awx	Awy	Awz	A(8)
Máq. 1 (avaliação A)	9,1	11,6	6,9	-
Máq. 1 (avaliação B)	8,65	11,29	6,52	-
Máq. 1 (avaliação C)	9,7	12,21	6,38	-
Máq. 1 (Equivalente)	9,15	11,7	6,6	16,25

Fonte: O autor, 2014.

Como pode ser observado, o *software* fornece além dos valores de 9,15 m/s<sup>2</sup>, 11,7 m/s<sup>2</sup> e 6,6 m/s<sup>2</sup> dos eixos x, y e z respectivamente, também demonstra o valor de 16,25 m/s<sup>2</sup>, calculado para o nível de aceleração equivalente A(8).

O valor calculado para a aceleração total foi de 16,25 m/s<sup>2</sup>, enquanto que o valor calculado para o aparecimento dos primeiros sintomas da Síndrome dos dedos brancos nos trabalhadores foi de 1,6 anos.

O software ainda fornece gráficos que correlacionam o tempo de exposição com os valores mensurados, o que possibilita um melhor entendimento da gravidade do problema (Figura 33).

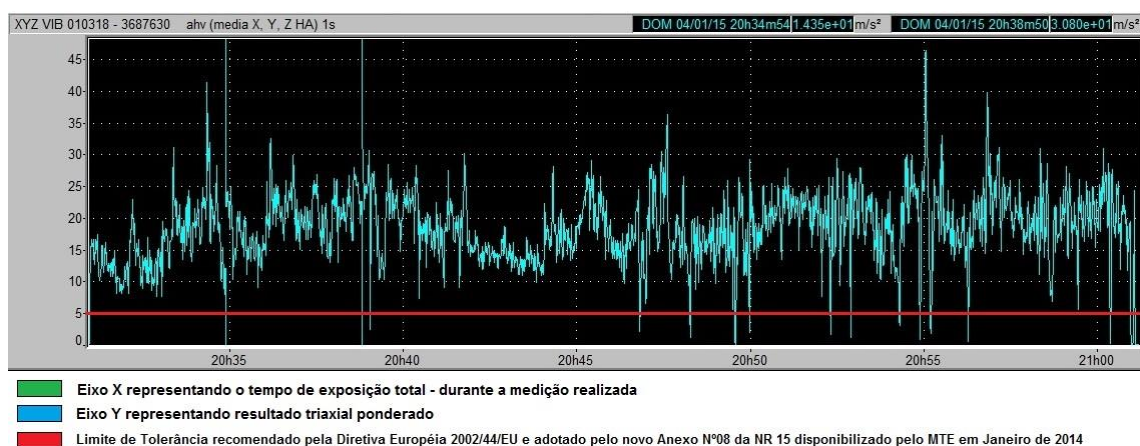


Figura 33 - Resultado integral da avaliação realizada

Fonte: O autor, 2014.

Com base neste resultado, pode-se concluir que o nível de aceleração equivalente à vibração para o local "A" corresponde a 16,25 m/s<sup>2</sup>, através do gráfico gerado pelo *software* do acelerômetro nota-se que o valor recomendado como limite de

tolerância de 5 m/s<sup>2</sup> é constantemente ultrapassado durante o período de medição. De acordo com o valor referente ao limite de tolerância para vibração de mão e braço, apresentado pela nova proposta da NR 15 – Anexo 08, para este nível calculado de aceleração total encontrado, o limite recomendado é excedido, ou seja, o ambiente de trabalho ao qual os trabalhadores estão expostos fica caracterizado como insalubre em grau médio.

#### 4.1.5 Comparativo dos resultados obtidos

A seguir são apresentados os resultados obtidos comparados com o limite de tolerância e nível de ação (Tabela 17) propostos pelo novo Anexo N°08 da NR 15.

Tabela 17 – Comparativo dos resultados

Local avaliado	Resultado obtido (m/s <sup>2</sup> )	Nível de ação (m/s <sup>2</sup> )	Limite de tolerância (m/s <sup>2</sup> )
A Máq.1	15,93	2,5	5
A Máq.2	17,9		
B Máq.1	20,62		
B Máq.2	16,25		

Fonte: O autor, 2014.

Os valores encontrados podem ser melhor visualizados através da Figura 34, onde estão demonstrados os resultados correspondentes aos quatro níveis equivalentes A(8) de exposição a vibração.

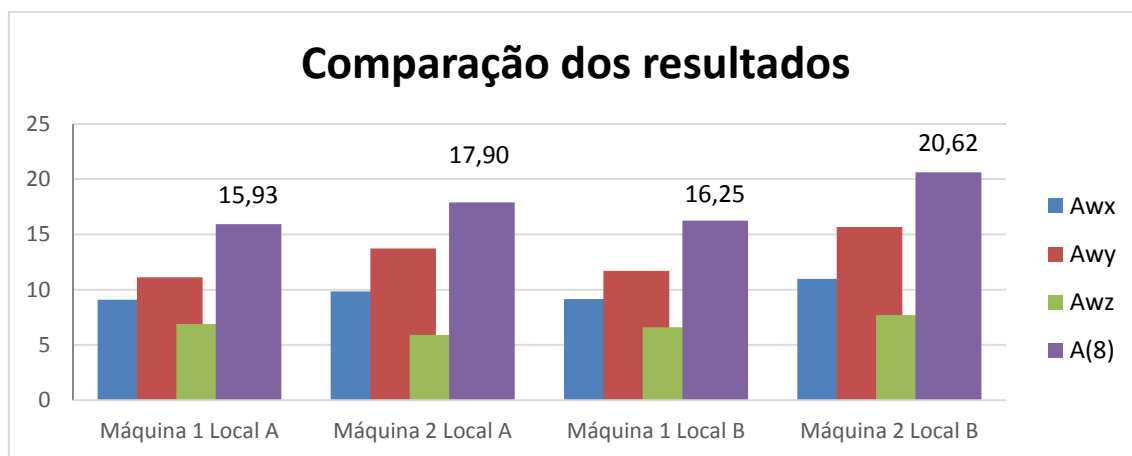


Figura 34 - Valores médios correspondentes aos eixos x, y, z e A(8)

Fonte: O Autor, 2014.

Analisando-se os resultados da Figura 34 nota-se que a máquina 1, em locais distintos teve uma variação de 2%, passando de 15,93m/s<sup>2</sup> no local A para 16,25 m/s<sup>2</sup> no local B. Isto pode ser explicado pelo fato de que não houve força aplicada pelo operador para manter a máquina em linha reta.

No entanto, para a máquina 2, a vibração foi de 17,9 m/s<sup>2</sup> no local A e de 20,62 m/s<sup>2</sup> para o local B. Essa diferença, 15,2% de acréscimo), pode ser explicada por exemplo pelo tempo de utilização da máquina e a força aplicada pelo operador com intuito de realizar o trabalho em linha, desta forma, estabeleceu-se uma resistência maior entre o piso e a serra da fresadora.

#### **4.1.6 Recomendações quanto às vibrações**

Diante dos resultados encontrados, que mostram os elevados níveis de vibração aos quais os trabalhadores estão expostos, tem-se algumas recomendações importantes:

- \* sempre que possível deve ser reduzido o tempo de exposição dos trabalhadores fazendo rodízio entre os mesmos;
- \* no caso do Equipamento 1 e local "A" devem ser tomadas medidas que atuem diretamente na fonte geradora de vibração, no caso a fresadora de piso, pois a vibração é muito elevada e não pode ser tolerada, segundo a ACGIH nem por alguns minutos. Desta forma sugere-se medidas gerais como o balanceamento do eixo do equipamento, uma melhor lubrificação, entre outras;
- \* Sugere-se ainda a utilização de EPIs como luva com sistema de amortecimento à vibrações;
- \* Sugere-se ainda a diminuição da profundidade de corte de 5 mm (condição extrema) para 3 mm (condição mais amena), pois com isso a tendência é que a vibração diminua, por ser contato mais brando entre ferramenta e solo.

## 4.2 Nível de pressão sonora

A seguir são apresentados os resultados obtidos na avaliação realizada na atividade desempenhada pelo funcionário da empresa em estudo.

A duração da medição foi 60 minutos. Sabendo que a jornada de trabalho na empresa é de 8 horas, ou seja, 480 minutos pode-se calcular o nível de ação.

$$Leq (NA) = 85 + 16,61 \lg [(0,5 \times 480) / t] \text{ (dB)} \quad \text{[Equação 31]}$$

logo

$$Leq (NA) = 85 + 16,61 \lg [(0,5 \times 480) / 480] = 80 \text{ dB (A)} \quad \text{[Equação 32]}$$

Portanto, o nível de ação para uma jornada de trabalho de 480 minutos é de 80 dB (A), ou seja, para resultados acima deste valor devem ser tomadas providências com intuito de mitigar a ação do agente físico ruído à saúde do trabalhador.

Quanto ao limite de tolerância para o trabalhador em uma jornada de 360 minutos será de:

$$Leq (NA) = 85 + 16,61 \lg [(1 \times 480) / t] \text{ (dB)} \quad \text{[Equação 33]}$$

logo

$$Leq (NA) = 85 + 16,61 \lg [(1 \times 480) / 480] = 85 \text{ dB (A)} \quad \text{[Equação 34]}$$

Portanto, o limite máximo de tolerância de exposição ao nível de pressão sonora para os trabalhadores em uma jornada de trabalho de 480 minutos será de 85 dB (A), ou seja, a exposição dos trabalhadores a uma pressão sonora acima desse valor fica caracterizada insalubridade, caso não haja nenhuma providência para atenuação deste valor.

### 4.2.1 Resultados da avaliação local “A”

A dose ao término da medição no local “A” refere-se a 12,5% da jornada de trabalho, ou seja, 60 minutos foi de 41,4% ou 0,41. A partir deste valor pode-se obter a dose correspondente a 100% da jornada de trabalho através de regra de três, neste caso a dose será de 331,2% ou 3,31.

O nível equivalente de ruído (Leq) calculado foi de:

$$Leq = 85 + 16,61 \lg [(D \times 480) / t] \text{ (dB)} \quad [\text{Equação 35}]$$

logo

$$Leq = 85 + 16,61 \lg [(3,31 \times 480) / 480] = 93,6 \text{ dB(A)} \quad [\text{Equação 36}]$$

Com base nesse resultado, pode-se concluir que o nível equivalente de pressão sonora para o local “A” corresponde a 93,6 dB(A), através do gráfico gerado pelo *software* do dosímetro nota-se que este valor é constantemente ultrapassado durante o período de medição (Figura 35). De acordo com a tabela referente aos limites de tolerância para nível de pressão sonoras contínuos ou intermitentes apresentado pela NR 15 – anexo 1, para este Leq encontrado, a exposição máxima permitida é de 2 horas e 40 minutos, ou seja, o ambiente de trabalho ao qual os trabalhadores estão expostos fica caracterizado como insalubre.

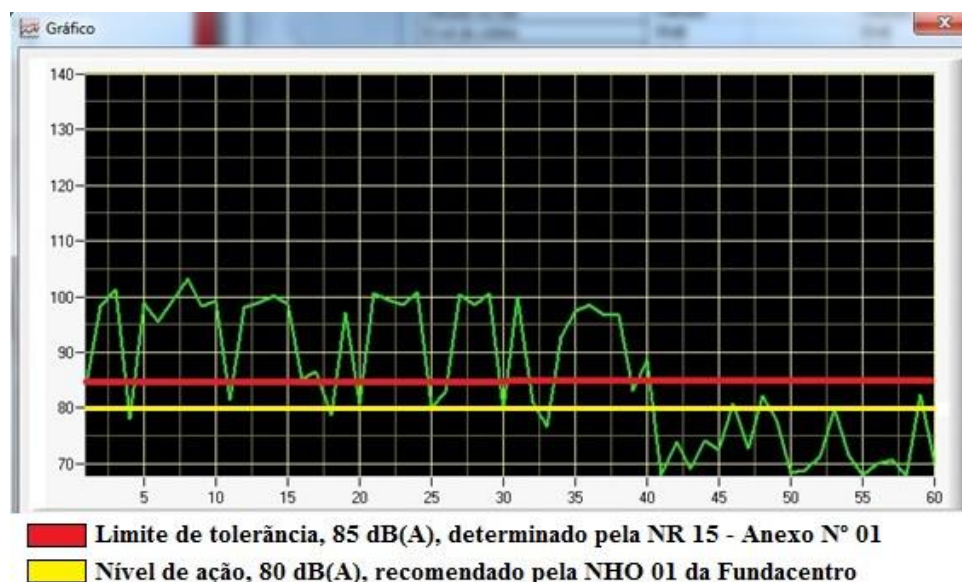


Figura 35 - Gráfico medição local “A”

Fonte: O autor, 2014.

Analisando a figura 35 referente a avaliação no local “A”, observa-se que as primeiras horas de medição apresentam na maior parte do tempo, níveis elevados de nível de pressão sonora constantemente acima do limite de tolerância determinado para a atividade em sua jornada de trabalho, evidenciando a necessidade de que providencias sejam tomadas com intuito de mitigar ou até mesmo eliminar o risco presente.

#### 4.2.2 Resultados da avaliação no local “B”

A dose adquirida ao término da medição no local “B1” refere-se a 12,5% da jornada de trabalho, ou seja, 60 minutos foi de 35,96% ou 0,36. A partir deste valor pode-se obter a dose correspondente a 100% da jornada de trabalho através de regra de três, neste caso a dose será de 287,68% ou 2,87.

O nível equivalente de ruído (Leq) calculado foi de 92,6 dB(A).

Com base nesse resultado, pode-se concluir que o nível equivalente de pressão sonora para o local “B” corresponde a 92,6 dB(A), através do gráfico gerado pelo *software* do dosímetro nota-se que este valor é constantemente ultrapassado durante o período de medição (Figura 36). De acordo com a tabela referente aos limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes apresentado pela NR 15 – anexo 1, para este Leq encontrado, a exposição máxima permitida é de 2 horas e 40 minutos, ou seja, o ambiente de trabalho ao qual os trabalhadores estão expostos fica caracterizado como insalubre.

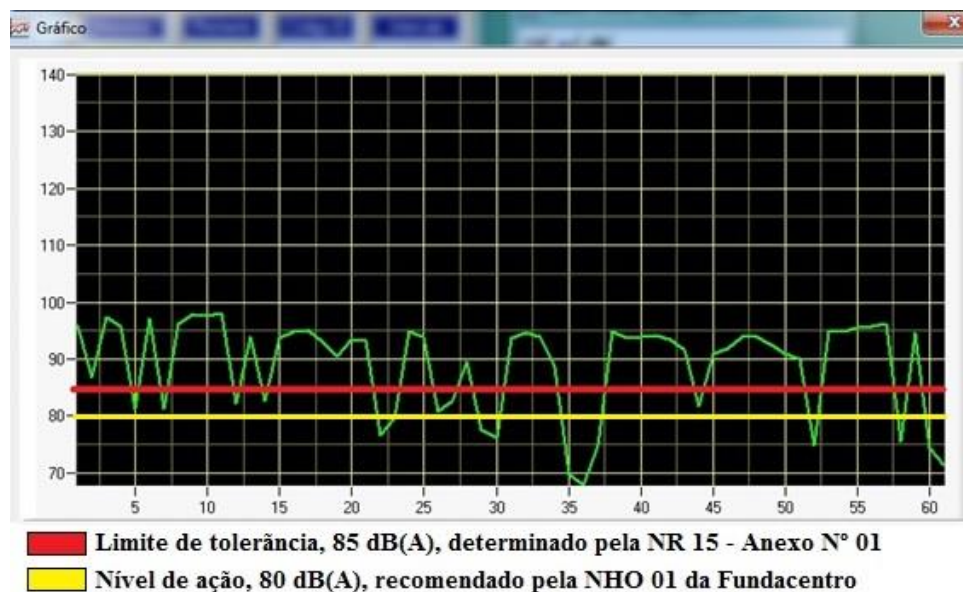


Figura 36 - Gráfico medição local “B”

Fonte: O autor (2014)

Analisando a figura 36 referente a avaliação no local “B”, observa-se que as primeiras horas de medição apresentam na maior parte do tempo, níveis elevados de nível de pressão sonora constantemente acima do limite de tolerância determinado para



a atividade em sua jornada de trabalho, evidenciando a necessidade de que providencias sejam tomadas com intuito de mitigar ou até mesmo eliminar o risco presente.

## 5 CONCLUSÃO

Ao fim das avaliações da vibração no sistema mão braço e posteriormente análise dos valores obtidos, constatou-se que em nos quatro casos, A1; A2; B1 e B2, os valores referentes à vibração encontram-se muito acima do limite de tolerância proposto tanto pela Diretiva Européia 2002/44/EU quanto pelo Ministério do Trabalho e Emprego – MTE – através do Anexo N° 08 da NR 15, disponibilizado para consulta pública entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014.

Ressalta-se a importância de constante avaliação, monitoramento e se possível a eliminação deste agente nos diversos processos produtivos por parte das indústrias, empresas e profissionais da área de segurança do trabalho. Uma vez que os trabalhadores estejam expostos à vibração sem as medidas preventivas adequadas, a saúde e integridade física dos mesmos sofrerá danos irreversíveis, como por exemplo a Síndrome dos Dedos Brancos.

Importante destacar a insalubridade caracterizada no estudo, em grau médio, o que com a sanção deste novo Anexo, as empresas terão de realizar adaptações em seus equipamentos e maquinários para que no mínimo a concentração da vibração seja atenuada consideravelmente, do contrário, este adicional afetará diretamente na folha de pagamento, certo de que o adicional incide em 20% do salário mínimo regional.

Quanto aos níveis de pressão sonora avaliados nos dois locais, A e B, conclui-se que ultrapassam o limite máximo de tolerância determinado pela legislação, implicando numa exposição em excesso, havendo a possibilidade de ocorrer sérios danos; temporários ou permanentes, a audição dos trabalhadores. Entretanto, como forma de atenuação a essa exposição excessiva, a empresa em questão fornece equipamentos de proteção individual do tipo protetor auricular de inserção e tipo concha. Desta forma, o risco é neutralizado e descaracteriza-se a insalubridade originada pelo agente ruído.

Por fim, acredita-se que a proposta para o Anexo N° 08 da NR 15 muito contribuirá na avaliação por parte dos profissionais de saúde e segurança do trabalho, pois estes carecem até o momento de referências nacionais que especifiquem níveis de ação e limites de tolerância para o agente vibração nos sistemas mão braço e corpo inteiro.

## **5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Ao fim do presente trabalho, sugerem-se os seguintes tópicos para futuros trabalhos voltados ao tema demonstrado:

- Desenvolvimento de sistema para amortecimento do agente vibração diretamente na estrutura dos equipamentos;
- Avaliação da vibração após instalação de manoplas com capacidade de absorção do impacto gerado pelo funcionamento do equipamento;
- Para efeito de comparação dos resultados encontrados, estudo dos riscos ocupacionais aqui avaliados após a regulamentação do novo Anexo N°08 por parte do MTE – Ministério do Trabalho e Emprego;
- Desenvolvimento de equipamento para medição do agente vibração, com baixo custo de aquisição;
- Análise ergonômica das posições executadas durante o processo produtivo;

## REFERÊNCIAS

ACGIH. American Conference of Government Industrial Hygienists. **Threshold limiting values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices**. Cincinnati, Ohio, USA. Technical Affairs Office ACGIH 2013.

ANDRIOLO, R. F. Criação e análise de um protótipo de equipamento para medição de vibração ocupacional. Trabalho de conclusão no curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. UTFPR 2013.

AREZES, P. M. Exposição ocupacional a ruído e vibrações na construção civil Lisboa: ACT, 2011.

AURÉLIO, O mini dicionário da língua portuguesa. 8ª edição revista e ampliada do mini dicionário Aurélio. Rio de Janeiro, 2010.

BRAMMER A. J., Metrics for Hand-Arm Vibration Exposure, In: 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION, Las Vegas, Nevada, **Proceedings**, 2004. 1 CD-ROM.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional-NOH09**, FUNDACENTRO, 2013.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional-NOH10**, FUNDACENTRO, 2013.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR9**. Manual de Legislação Atlas. 72ª. Edição, 2013.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR15**. Manual de Legislação Atlas. 72ª. Edição, 2013.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR17**. Manual de Legislação Atlas. 72ª. Edição, 2013.

BURSTRÖM, L. *et al.* **Comparison of Different Measures for Hand-Arm Vibration Exposure**. Netherlands, Safety Science Vol 28, No 1, pp 3-14, 1998.

CID-10, Código internacional de doenças. Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho – Lista A, **Código 22 - Vibrações**, Lista organizada a partir do Anexo II do Regulamento dos Benefícios da Previdência Social, 2012.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Avaliação de agentes ambientais químicos e físicos**. Acesso em: 15/01/2014. Disponível em: [www.cna.org.br/nr31/Textoscomplementares/agentes\\_ambientais.pdf](http://www.cna.org.br/nr31/Textoscomplementares/agentes_ambientais.pdf)

CUNHA, I. de A. da. Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua utilização na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração. Campinas, SP: [s.n.], 2000.

CUNHA, I. de A. da. Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços em marmorarias no município de São Paulo: proposição de procedimento alternativo de medição. Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2006.

EU GOOD PRACTICE GUIDE HAV. **Guide to good practice on Hand-Arm Vibration**. . [S.l: s.n.], 2006.

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. **Workplace Exposure to vibration in Europe: an expert review**. Bélgica, 2008.

FANTINI NETO, R. **Apostila de Higiene do Trabalho – Introdução, ruído e vibrações**, Apostila do curso de Eng. e Segurança do Trabalho da UTFPR, 2009.

FERREIRA, M. L. G. L' **Exposition aux vibrations lors de l'utilisation des meuleuses**. Mémoire présenté en vue de l'obtention de la License em Ergonomie. Université Catholique de Louvain, 129 p., Setembro, 1993.

FLORES, C. R. **Avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços na operação de lixadeiras orbitais em marcenarias**. Monografia. Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2010.

FUNDACENTRO, **Norma de higiene ocupacional: NHO 10 : avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços: procedimento técnico**. São Paulo, 2013.

GALLINA *et al.*, Carlos Maurício. **Instrumentos de Medição de Intensidade Sonora**. 2005. Universidade de Caxias do Sul. Disciplina de Instrumentação.

GERGES, SAMIR N.Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 1ª ed., Florianópolis, 1992.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**, 4ª Ed., 1998.

GUIDOLIN, F. *et al.* Prevalência de achados cutâneos em portadores de esclerose sistêmica: experiência de um hospital universitário. *An. Bras. Dermatol.* [online]. 2005, vol.80, n.5, pp. 481-486. ISSN 1806-4841. <http://dx.doi.org/10.1590/S0365-05962005000600005>. Acesso em 08/04/2014

GUYTON, A. C. **Tratado de Fisiologia Médica**. 7ª Ed., 1986. Editora Guanabara.

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2ª Edição Revisada e Ampliada. Editora Edgard Blücher, 2005

ISO 2631-1. Mechanical vibration – *Evaluation of human exposure to whole-body vibration* - Part 1: General requirements. (A)

ISO 5349-1; Mechanical vibration – *Measurement and evaluation of human exposure to handtransmitted vibration* - Part 1: General requirements. (B)

ISO 5349-2; Mechanical vibration – *Measurement and evaluation of human exposure to handtransmitted vibration* - Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace. (C)

KAYSER, C.; CORREA, M. J. U.; ANDRADE, L. E. C.. Fenômeno de Raynaud. *Rev. Bras. Reumatol.* [online]. 2009, vol.49, n.1, pp. 48-63. ISSN 0482-5004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0482-50042009000100006>. Acesso em 08/04/2014 [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0482-50042009000100006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0482-50042009000100006&lng=pt&nrm=iso)

KINSLER, L.E.; Frey, A.R.; Coppins, A.B. e Sanders, J.V. *Fundamentals of Acoustics*, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1982.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 4ª Ed., Editora Atlas, 2001.

MAIA, P. A.. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil**. Campinas: 2001.

MANSFIELD, N. J. *Human Response to Vibration*. Boca Raton: CRC Press, 2005. 227p.

MATOS *et al.*, Marcos Paiva. **Ruído: Riscos e prevenção**. 2ª Ed., Editora Hucitec, 1996.

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health. *Preventing Occupational Hearing Loss. A Practical Guide*, 1998.

PEREIRA, A. S. de A. B. **Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído: (análise de casos)**. Tese. Universidade do Minho. 2009. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10784/1/tese.pdf>>. Acesso em: 19/02/2015.

PEREIRA, C. E. C.; MASCENA, K. M. C.; PILLI, L.E.; MAZZON, J. A.; **Análise das publicações internacionais sobre vantagem competitiva em clusters: uma pesquisa bibliométrica**. XVI SEMEAD- Seminários em Administração, outubro de 2013.

PINHEIRO, A. K. da S. **Ergonomia aplicada à anatomia humana e a fisiologia**. AB Editora, 2006.

RAO, S. S. (1995). *Mechanical Vibrations*, Third Edition. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído**. 3ª Ed., LTr Editora, 2004.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído**. 7ª Ed., LTr Editora, 2013.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle da Vibração**. 2ª Ed., LTr Editora, 2013.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23ª Ed., Editora Cortez, 2007.

SILVA, A. R. P. **Perfil dos operários da construção civil na cidade do Rio de Janeiro (avaliação do nível de satisfação dos operários)**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão - CNEG, Rio de Janeiro, 31 de julho a 02 de agosto de 2008.

SOEIRO, N. S. – *Curso de Fundamentos de Vibração e Balanceamento de Rotores*. Belém: UFPA-ELETRONORTE, 2008.

SZABÓ JUNIOR, A. M. **Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho**. 3ª edição, Editora Rideel, 2012.

VENDRAME, A., C., **Vibrações Ocupacionais**, 2005, disponível em <[http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes\\_vendrame.pdf](http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf)>, acesso em janeiro de 2013.

VERDUSSEN, R. **Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1978.

VERGARA, E. F. **Higiene do Trabalho I – Ruídos e Vibrações**. Material de apoio apresentado no curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, 2009.

WACHOWICZ, M. C. **Segurança, saúde e ergonomia**. 1ª Ed.; Editora Ibpe, 2007.

XIMENES, G. M. **Mestrado profissional em sistema de gestão**. Niterói, 2006.



## APENDICE



### MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO DEPARTAMENTO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

Trata-se de proposta de texto para **revisão** do Anexo 8 da Norma Regulamentadora n.º 15 (Atividades e Operações Insalubres) disponibilizada em Consulta Pública pela [Portaria SIT n.º 413, de 17 de dezembro de 2013](#), para coleta de sugestões da sociedade, em conformidade com a [Portaria MTE n.º 1.127, de 02 de outubro de 2003](#).

As sugestões podem ser encaminhadas ao Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho - DSST, **até o dia 17 de fevereiro de 2014**, das seguintes formas:

a) via e-mail:

[normatizacao.sit@mte.gov.br](mailto:normatizacao.sit@mte.gov.br)

b) via correio:

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO

Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho

Coordenação-Geral de Normatização e Programas

Esplanada dos Ministérios - Bloco "F" - Anexo "B" - 1º Andar - Sala 107 - CEP 70059-900 - Brasília - DF

---

#### EXPOSIÇÃO DE MOTIVOS

A revisão deste anexo levou em consideração as demandas sociais e a necessidade de estabelecimento de nível de ação e limites para caracterização da exposição ao agente e adoção de medidas preventivas e corretivas. As abordagens propostas tiveram por base estudos e pesquisas relacionados ao tema que apresentam diversas interpretações em relação a limites de exposição e relações dose-resposta, considerando-se as edições antigas e atuais das normas ISO 2631 e ISO 5349, Diretiva Europeia 2002/44/EC, ACGIH, entre outras.

Esta revisão inclui a avaliação preliminar dos riscos como ferramenta inicial para identificação dos ambientes e condições de trabalho, trazendo informações relacionadas à operação, ao trabalhador e às ferramentas, máquinas ou veículos utilizados. Essa abordagem preliminar deve fornecer importantes subsídios à tomada de decisão quanto à implantação de medidas preventivas e corretivas e suporte à avaliação quantitativa, quando necessária. Ressalta-se que as avaliações previstas têm como principal foco o controle da exposição e preservação da saúde.

---

## PROPOSTA DE TEXTO NORMATIVO

### NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES

#### ANEXO N.º 8 - VIBRAÇÕES

##### 1. Objetivos

1.1 Definir critérios para prevenção de doenças e distúrbios decorrentes da exposição ocupacional às Vibrações em Mãos e Braços - VMB e às Vibrações de Corpo Inteiro - VCI.

1.1.1 Estabelecer indicadores para avaliação e caracterização do risco decorrente da exposição às VMB e às VCI e das condições de trabalho insalubres.

##### 2. Disposições Gerais

2.1 Os empregadores devem adotar medidas de prevenção e controle da exposição às vibrações mecânicas que possam afetar a segurança e a saúde dos trabalhadores.

2.2 Os empregadores devem assegurar que as vibrações sejam eliminadas na fonte geradora ou, onde comprovadamente não houver tecnologia disponível, reduzidas aos menores níveis possíveis.

2.2.1 No processo de eliminação ou redução dos riscos relacionados à exposição às vibrações mecânicas devem ser considerados, entre outros fatores, os esforços físicos e aspectos posturais.

2.3 A avaliação da exposição e a implantação das medidas preventivas e corretivas devem ser desenvolvidas com a participação dos trabalhadores.

2.4 O empregador deve comprovar, no âmbito das ações de manutenção preventiva e corretiva de veículos, máquinas, equipamentos e ferramentas, a adoção de medidas efetivas que visem o controle e a redução da exposição a vibrações.

2.5 As ferramentas manuais vibratórias que produzam vibrações superiores a  $2,5 \text{ m/s}^2$  nas mãos dos operadores devem informar junto às suas especificações técnicas a vibração emitida pelas mesmas.

2.5.1 O item 2.5 somente será válido para ferramentas fabricadas um ano após a publicação deste anexo, sem prejuízo das obrigações já estabelecidas em outras normas oficiais vigentes.

### 3. Avaliação Preliminar

3.1 Deve ser realizada avaliação preliminar da exposição às VMB e VCI, considerando os seguintes aspectos:

- 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;
- d) dados de exposição ocupacional existentes;
- e) condições de uso e estado de conservação de veículos, máquinas, equipamentos e ferramentas, incluindo componentes ou dispositivos de amortecimento que interfiram na exposição de operadores ou condutores;
- f) características da superfície de circulação, cargas transportadas e velocidades de operação, no caso de VCI;
- g) esforços físicos e aspectos posturais;
- h) estimativa de tempo efetivo de exposição diária;
- i) constatação de condições específicas de trabalho que possam contribuir para o agravamento dos efeitos decorrentes da exposição;
- j) informações ou registros relacionados a queixas e antecedentes médicos relacionados aos trabalhadores expostos.

3.2 Os resultados da avaliação preliminar devem subsidiar a adoção de medidas preventivas e corretivas, sem prejuízo de outras medidas previstas nas demais NR.

3.3 Se a avaliação preliminar não for suficiente para permitir a tomada de decisão quanto à necessidade de implantação de medidas preventivas e corretivas, deve-se proceder à avaliação quantitativa.

### 4. Avaliação Quantitativa da Exposição dos Trabalhadores

4.1 A avaliação quantitativa deve ser representativa da exposição, abrangendo aspectos organizacionais e ambientais que envolvam o trabalhador no exercício de suas funções.

#### 4.2 Avaliação quantitativa da exposição dos trabalhadores às VMB

4.2.1 A avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços deve ser feita utilizando-se sistemas de medição que permitam a obtenção da *aceleração resultante de exposição normalizada (aren)*, parâmetro representativo da exposição diária do trabalhador, descrito no item 8.

4.2.2 O nível de ação para a avaliação da exposição ocupacional diária à vibração em mãos e braços corresponde a um valor de *aceleração resultante de exposição*

*normalizada (aren)* de  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

4.2.3 O limite de exposição ocupacional diária à vibração em mãos e braços corresponde a um valor de *aceleração resultante de exposição normalizada (aren)* de  $5 \text{ m/s}^2$ .

4.2.4 As situações de exposição ocupacional superior ao nível de ação, independentemente do uso de equipamentos de proteção individual, implicam obrigatória adoção de medidas de caráter preventivo.

4.2.5 As situações de exposição ocupacional superior ao limite de exposição, independentemente do uso de equipamentos de proteção individual, implicam obrigatória adoção de medidas de caráter corretivo.

### **4.3 Avaliação quantitativa da exposição dos trabalhadores às VCI**

4.3.1 A avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro deve ser feita utilizando-se sistemas de medição que permitam a determinação da *aceleração resultante de exposição normalizada (aren)* e do *valor da dose de vibração resultante (VDVR)*, parâmetros representativos da exposição diária do trabalhador, descritos no item 8.

4.3.2 O nível de ação para a avaliação da exposição ocupacional diária à vibração de corpo inteiro corresponde a um valor da *aceleração resultante de exposição normalizada (aren)* de  $0,5 \text{ m/s}^2$ , ou ao *valor da dose de vibração resultante (VDVR)* de  $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$ .

4.3.3 O limite de exposição ocupacional diária à vibração de corpo inteiro corresponde a:

- a) valor da aceleração normalizada correspondente ao maior eixo ( $a_{en_{máx}}$ ) de  $0,8 \text{ m/s}^2$ ;  
ou
- b) valor da aceleração resultante de exposição normalizada (*aren*) de  $1,1 \text{ m/s}^2$ ; ou
- c) valor da dose de vibração resultante (VDVR) de  $21,0 \text{ m/s}^{1,75}$ .

4.3.3.1 Para fins de caracterização da exposição, o empregador deve comprovar a avaliação dos três parâmetros acima descritos.

4.3.4 As situações de exposição ocupacional superiores ao nível de ação implicam obrigatória adoção de medidas de caráter preventivo.

4.3.5 As situações de exposição ocupacional superiores ao limite de exposição implicam obrigatória adoção de medidas de caráter corretivo.

## **5 Medidas Preventivas e Corretivas**

5.1 Além das medidas previstas no item 2 deste anexo, as medidas preventivas devem

contemplar:

- a) avaliação periódica da exposição;
- b) Orientação dos trabalhadores quanto aos riscos decorrentes da exposição à vibração, quanto à utilização adequada dos equipamentos de trabalho, bem como quanto à necessidade de comunicar aos seus superiores sobre níveis anormais de vibração observados durante o desenvolvimento de suas atividades;
- c) vigilância da saúde dos trabalhadores focada nos efeitos da exposição à vibração;
- d) adoção de procedimentos e métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas.

5.1.1 As medidas de caráter preventivo descritas neste item não excluem outras medidas que possam ser consideradas necessárias ou recomendáveis em função das particularidades de cada condição de trabalho.

5.2 As medidas corretivas devem contemplar:

- 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.

5.2.1 As medidas de caráter corretivo mencionadas não excluem outras medidas que possam ser consideradas necessárias ou recomendáveis em função das particularidades de cada condição de trabalho.

## **6. Instrumentação para medição da vibração**

6.1 Os medidores a serem utilizados na avaliação da exposição ocupacional à vibração devem atender aos requisitos constantes da Norma ISO 8041:2005, ou alteração posterior.

6.2 Os equipamentos utilizados na regulagem dos medidores de vibração devem atender às especificações da Norma ISO 8041:2005, ou alteração posterior, e ser compatíveis com os acelerômetros utilizados.

6.3 Medidores, acelerômetros e calibradores devem ser periodicamente calibrados por laboratórios acreditados pelo Inmetro para esta finalidade, ou por laboratórios internacionais, desde que reconhecidos pelo Inmetro.

6.3.1 A periodicidade de calibração deve ser estabelecida com base nas recomendações do fabricante, em dados históricos da utilização dos medidores que indiquem um possível comprometimento na confiabilidade do equipamento, e em critérios que venham a ser estabelecidos em lei.

6.3.2 A calibração deve ser refeita sempre que ocorrer algum evento que implique suspeita de dano ou comprometimento do sistema de medição.

## **7. Caracterização e classificação da insalubridade**

7.1 Caracteriza-se a condição insalubre caso seja superado qualquer dos limites de exposição indicados nos itens 4.2.3 e 4.3.3 deste anexo.

7.1.1 As situações de exposição a vibrações em mãos e braços e de corpo inteiro superiores ao limite de exposição são caracterizadas como insalubres de grau médio.

7.1.2 A caracterização da exposição deve ser objeto de Relatório Técnico que contemple, no mínimo, os seguintes itens:

- a) Introdução, incluindo objetivos do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações;
- b) Resultado da avaliação preliminar, abrangendo os aspectos descritos no item 3 deste Anexo;
- c) Metodologia e critério de avaliação adotados;
- d) Instrumental, acessórios utilizados e registro dos certificados de calibração, no caso de realização de avaliação quantitativa;
- e) Dados obtidos;
- f) Interpretação dos resultados;
- g) Informações complementares em decorrência de circunstâncias específicas que envolveram o estudo realizado;
- h) Medidas de prevenção e controle propostas.

## **8. Parâmetros utilizados na avaliação da exposição:**

8.1 *Aceleração de exposição normalizada máxima* ( $a_{en_{max}}$ ): corresponde à *aceleração de exposição normalizada* referente ao eixo de maior valor obtido, convertida para uma jornada diária de 8 horas.

8.2 *Aceleração Resultante de Exposição Normalizada* ( $a_{ren}$ ): corresponde à *aceleração resultante de exposição* ( $a_{re}$ ), convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas,

determinada pela seguinte expressão:

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2]$$

sendo:

*are* = *aceleração resultante de exposição*, representativa da exposição ocupacional diária obtida a partir das acelerações nas direções X, Y e Z, conforme expressão:

$$are = \sqrt{(f_x are_x)^2 + (f_y are_y)^2 + (f_z are_z)^2} \quad [m/s^2]$$

$f_j$  = fator de multiplicação em função do eixo considerado. Para VMB ( $f = 1,0$  para os eixos "x", "y" e "z"). Para VCI ( $f = 1,4$  para os eixos "x" e "y" e  $f = 1,0$  para o eixo "z")

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

$T_0$  = 8 horas ou 480 minutos.

8.3 *Valor de Dose de Vibração Resultante (VDVR)*: corresponde ao *valor de dose de vibração* representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição, que pode ser obtido por meio da expressão que segue:

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

sendo:

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

8.4 Para medição das VMB, os medidores devem estar ajustados de forma a atender ao circuito de ponderação para mãos e braços (Wh).

8.5 Para medição das VCI, os medidores devem estar ajustados de forma a atender aos seguintes critérios:

- a) circuito de ponderação Wk para o eixo "z"; e
- b) circuito de ponderação Wd para os eixos "x" e "y".