

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
CENTRO TECNOLÓGICO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMA DE GESTÃO

GILMAR MACHADO XIMENES

**GESTÃO OCUPACIONAL DA VIBRAÇÃO NO CORPO HUMANO, ASPECTOS  
TÉCNICOS E LEGAIS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA.**

Niterói  
2006

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

GILMAR MACHADO XIMENES

**GESTÃO OCUPACIONAL DA VIBRAÇÃO NO CORPO HUMANO, ASPECTOS  
TÉCNICOS E LEGAIS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: Sistema de Gestão pela Qualidade Total.

Orientador:  
Fernando Benedicto Mainier, D.Sc.

Niterói  
2006

GILMAR MACHADO XIMENES

**GESTÃO OCUPACIONAL DA VIBRAÇÃO NO CORPO HUMANO, ASPECTOS  
TÉCNICOS E LEGAIS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: Sistema de Gestão pela Qualidade Total.

**Aprovado em 30 de maio de 2006.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof.: Fernando Benedicto Mainier, D.Sc.**  
**Universidade Federal Fluminense - UFF**

---

**Prof.: Gilson Brito Lima, D.Sc.**  
**Universidade Federal Fluminense -UFF**

---

**Prof.: Arthur M. B. Braga, D.Sc.**  
**Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC**

## **DEDICATÓRIA**

Às minhas três mulheres, Fátima minha companheira, Lays e Yana nossas filhas que compõem a minha referência de família, pelo carinho, compreensão e incentivo e, especialmente, pela paciência durante o mestrado e a fase de elaboração da minha dissertação.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Fernando B. Mainier, D.Sc. pelo incentivo e colaboração durante a pesquisa, dissertação e elaboração de artigos.

Ao INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, instituição onde trabalho, que me deu todo o suporte e viabilizou o curso.

Ao presidente do INMETRO Prof. João Alziro da Herz Jornada, D.Sc, meu diretor no início do curso, por ter feito a minha indicação ao mestrado.

Ao Diretor da DIMCI – Diretoria de Metrologia Científica e Industrial do INMETRO, Prof.: Humberto Brandi, D.Sc.

Aos meus amigos e colaboradores Gustavo P. Ripper, D.Sc. (parecerista), Rogério D. Regazzi, M.Sc. (apoio técnico fundamental nas medições e revisão), o jovem Daniel C. Oliveira e Flávio G. Meirelles por sempre estarem disponíveis a cooperar.

Pelo incentivo na participação do mestrado dos meus colegas do LAVIB / INMETRO, Guilherme A. Garcia, D.Sc., Ronaldo S. Dias, M.Sc. e também do colega, Paulo Massarani, D.Sc. pelas indicações de referências bibliográficas.

A todos os meus colegas da DIAVI / DIMCI/ INMETRO.

### **ESCALA DO SOM**

“O ouvido humano pode captar apenas o som de 16 mil a 20 mil vibrações por segundo. Quando a média das vibrações vai além do que chamamos “som”, começam essas vibrações a manifestar-se na forma de calor. O calor começa com cerca de 1.500.000 vibrações por segundo. Quando se eleva ainda mais, a escala de vibrações começa a registrar-se sob a forma de luz. Três milhões de vibrações por segundo criam uma luz violeta. Acima deste número, as vibrações produzem os raios ultravioletas (que são invisíveis a olho nu) e outras radiações invisíveis. E, ainda mais alto, na escala – num grau que não se conhece ainda, segundo parece – as vibrações criam a força que produz o pensamento humano”. (Napoleon Hill).

## RESUMO

O objetivo desta dissertação é apresentar e discutir as variáveis envolvidas na compreensão da vibração no corpo humano na área ocupacional propondo uma melhoria da gestão dos programas ocupacionais que devem envolver este importante agente físico. Com o entendimento dos processos da avaliação e das conseqüências da exposição às vibrações dos indivíduos, como também abordagem na forma de entrevistas com alguns atores na área de vibrações ocupacionais, procurou-se incentivar a implementação de algumas medidas técnicas e administrativas, e, criar procedimentos confiáveis usando como base a metrologia. Neste sentido foi efetuada uma revisão inicial da literatura especializada e, em paralelo o desenvolvimento de estudo prático sobre medição e avaliação de vibração ocupacional. Considerando estes aspectos uma proposta de melhoria na área de gestão de saúde e segurança apoiada em metrologia de vibração ocupacional é apresentada, de modo a contribuir para o desenvolvimento de atividades tecnológicas e administrativas que possam minimizar os problemas da exposição às vibrações com foco na responsabilidade social. E desta maneira, incentivar o aprimoramento de sistemas de gestão de controle dos agentes insalubres através da inserção mais evidente da prevenção de vibrações nos documentos exigidos pelos órgãos governamentais responsáveis pela Segurança e Saúde Ocupacional e os programas de prevenção, controle, gerenciamento e perfil profissiográfico recomendados pela regulamentação brasileira. Como resultado é apresentado um programa elaborado para controle e prevenção de risco à exposição de vibrações, que depois consolidará com as considerações sobre os fundamentos teóricos e os casos estudados, objetivando com isso a obtenção de conhecimentos para uma boa prática de gestão de SSO, baseada em metrologia ocupacional de vibrações.

Palavras-chave: Gestão Ocupacional. Exposição às vibrações. Metrologia Ocupacional.



## **ABSTRACT**

The objective of this dissertation is to present and to discuss the variables involved in the understanding of the vibration in the human body in the occupational area proposing an improvement of the administration of the occupational programs that should involve this important physical agent. With the understanding of the processes of the evaluation and of the consequences of the exhibition to the individuals' vibrations, as well as approach in the form of interviews with some actors in the area of occupational vibrations, it tried to motivate the implementation of some technical and administrative measures, and, to create reliable procedures using as base the metrology. In this sense an initial revision of the specialized literature was made and, in parallel the development of practical study about measurement and evaluation of occupational vibration. Considering these aspects an improvement proposal in the area of administration of health and leaning safety in metrology of occupational vibration is presented, in way to contribute for the development of technological and administrative activities that can minimize the problems of the exhibition to the vibrations with focus in the social responsibility. And of this it sorts things out, to motivate the improvement of systems of administration of the unhealthy agents' control through the most evident insert of the prevention of vibrations in the documents demanded by the responsible government organs by the Safety and Occupational Health and the prevention programs, control, administration and profile profissiográfico recommended by the Brazilian regulation. As result is presented a program elaborated for control and risk prevention to the exhibition of vibrations, that later will consolidate with the considerations on the theoretical foundations and the studied cases, aiming at with that the obtaining of knowledge for a good practice of administration of SSO, based on occupational metrology of vibrations.

**Keywords:** Occupational Administration. Exposure to the vibrations. Occupational Metrology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação de vibração.....	23
Figura 2	Parâmetros característicos de um movimento senoidal.....	28
Figura 3	Domínio do tempo e da freqüência.....	29
Figura 4	Comparação entre escalas linear e logarítmica.....	30
Figura 5	Esquema básico de sistema de medições de vibrações.....	31
Figura 6	Esquema básico de calibração de transdutor de vibrações.....	37
Figura 7	Calibração absoluta e comparativa de transdutor de vibrações.....	37
Figura 8	Sistema biomecânico representando o corpo humano de pé vibrando verticalmente.....	43
Figura 9	Representação das ressonâncias do corpo humano de pé vibrando verticalmente.....	45
Figura 10	Doenças causadas pela vibração sobre as mãos.....	50
Figura 11	Esquema básico de sistema biodinâmico.....	51
Figura 12	Eixos basicêntricos do corpo humano.....	53
Figura 13	Sistema ortogonal de coordenadas para mãos e braços.....	55
Figura 14	Guia de saúde - zonas de precaução.....	61
Figura 15	Curva de freqüência ponderada.....	67
Figura 16	Gráfico de freqüência ponderada × filtros.....	69
Figura 17	Gráfica para dedos brancos.....	70
Figura 18	Guia de saúde - zonas de precaução (Diretiva Européia).....	74
Figura 19	Esquema SGSSO com base na BS 8800.....	86
Figura 20	Esquema representação da OSHA 18000.....	88
Figura 21	Diagrama de seqüência de prevenção de riscos de exposição às vibrações.....	92
Figura 22	Hierarquia de controle e medição.....	94
Figura 23	Etapas de medição de exposição de trabalhadores à vibração.....	99
Figura 24	Exposição de mãos e braços a vibrações no uso de martetele em concreto.....	115
Figura 25	Exposição de mãos e braços a vibrações no uso de martetele em estruturas.....	116
Figura 26	Montagem do transdutor nas ferramentas manuais vibratórias.....	118
Figura 27	Montagem do transdutor para medição em britadeira.....	118
Figura 28	Empilhadeira à gás de movimentação de cargas.....	123
Figura 29	Operações com moto-roçadeiras - mãos, braços e ombros.....	129
Figura 30	Operações com trator cortador de grama - assento, mãos e braços....	129

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Tipos de Exposição de vibração ocupacional.....	47
Quadro 2	Fatores que influenciam o efeito de vibração na mão.....	48
Quadro 3	Classificação de vibração induzida pelos estágios de Taylor-Pelmeaar.....	50
Quadro 4	Comparação das características fundamentais de VDV e A(8).....	59
Quadro 5	Classificação nacional de atividades econômicas.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Níveis de referência recomendados pela norma ISO 1683.....	30
Tabela 2	Efeitos no corpo de uma pessoa exposta as vibrações.....	62
Tabela 3	Limites aceitáveis considerando os locais de exposição.....	68
Tabela 4	Valores Limites de Tolerância da ACGIH.....	71
Tabela 5	Níveis de valores de ação e valores limites - Diretiva Européia.....	74
Tabela 6	Resultados de medições das vibrações na direção de maior magnitude.....	119
Tabela 7	Resultados de vibrações medidas comparadas com os valores da Diretiva Européia.....	119
Tabela 8	Limite de esforço da ISO 2631 (1997).....	121
Tabela 9	Resultado de avaliações nas direções z e x - Varredora de pista.....	122
Tabela 10	Resultado de avaliações nas direções z e x - Empilhadeira de cargas	123
Tabela 11	Componentes de incerteza de A(8) avaliado nos diferentes locais.....	126

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
A (8)	Aceleração rms ponderada para exposição de 8 horas
$a_p(t)$	Aceleração rms ponderada de frequência
BS	<i>British Standards</i>
CCE	Comunidade Comum Européia
CCOHS	<i>Canadian Center for Occupational Health and Safety</i>
CEN	Comitê Europeu de Normalização
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
EN	Normalização Européia
DE	Diretivas Europeias
DAVI	Divisão de Acústica e Vibrações
DIMCI	Diretoria de Metrologia Científica e Industrial
EAV	<i>Exposure Action Value</i>
EEC	<i>European Economic Community</i>
ELV	<i>Exposure Limit Value</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FFT	Trasnformada Rápida de Fourier
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
ICP	Piezoelétricos com eletrônica integrada
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ILO	<i>International Labor Organization</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISSL	<i>Instituto de Seguridad y Salud Laboral</i>
IN	Instrução Normativa
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LER/DORT	Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Ósteo-Musculares
Leq	Níveis de exposição equivalente
LTCAT	Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho

LT <sub>Min</sub>	Limite de Tolerância Mínima do Nivel de exposição diário
LT <sub>Max</sub>	Limite de Tolerância Máxima do Nivel de exposição diário
MPAS	Ministério da Previdência e Assistência Social
MTE	Ministério de Trabalho e Emprego
MSDV	<i>Motion Sickness Dose Vibration</i>
NBR	Norma brasileira
N <sub>exp,d</sub>	Nivel de exposição diário
NEP	Nivel de exposição permitido
NR	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego
OGMO	Órgão Gestor de Mão de Obra
OMS	Organização Mundial de Saúde
OHSAS	<i>Occupational Safety and Health Assessment Series (USA)</i>
OIT	Organização Internacional de Trabalho
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.
PCRv	Programa de Controle de Risco de Vibrações
PNSST	Programa de Nacional de Saúde e Segurança do Trabalhador
PGR	Programa de Gerenciamento de Risco
PPP	Perfil Profissiográfico Previdenciário
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RMS	<i>Root Mean Square</i>
SGSSO	Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional
SI	Sistema Internacional de Unidades de Medidas
SIG	Sistema de Gestão Integrado
SSO	Segurança e Saúde Ocupacional
WHO	<i>World Health Organization</i>
VAE	Valor de Ação de Exposição
VCI	Vibração de corpo inteiro
VDV	Valor Dose de Vibração
VDME	Valor Dose de Movimento de Enjôo
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia
VLE	Valor Limite de Exposição
VMB	Vibração de mãos e braços

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	18
<b>1.1.1</b>	<b>Histórico da origem do estudo de vibrações.....</b>	<b>18</b>
1.2	OBJETO DO ESTUDO.....	19
1.3	JUSTIFICATIVAS.....	19
1.4	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	20
<b>1.4.1</b>	<b>Estrutura do Trabalho.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Métodos e técnicas aplicadas.....</b>	<b>20</b>
1.4.2.1	Pesquisa e Avaliação Bibliográfica.....	20
1.5	HIPÓTESE DE TRABALHO.....	21
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	21
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS – VIBRAÇÕES.....</b>	<b>23</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	23
<b>2.1.1</b>	<b>Definição Básica de Vibrações.....</b>	<b>24</b>
2.2	CONCEITOS FÍSICOS DE VIBRAÇÕES.....	26
<b>2.2.1</b>	<b>Domínio do tempo e da frequência.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Escala logarítmica e linear.....</b>	<b>29</b>
2.3	METROLOGIA EM VIBRAÇÕES.....	30
<b>2.3.1</b>	<b>Instrumentos e sistemas de medição de vibrações.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Instrumentação de Medição de Resposta Humana à Vibração.....</b>	<b>33</b>
2.4	CALIBRAÇÃO.....	34
<b>2.4.1</b>	<b>Calibração de transdutores e medidores de vibrações.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Incerteza do resultado da calibração ou da cadeia de medição.....</b>	<b>38</b>
2.5	VIBRAÇÃO NO CORPO HUMANO.....	39
<b>2.5.1</b>	<b>Vibração no ambiente de trabalho.....</b>	<b>40</b>
2.6	VIBRAÇÃO OCUPACIONAL - ASPECTOS HISTÓRICOS.....	40
<b>2.6.1</b>	<b>Características da vibração ocupacional.....</b>	<b>42</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Efeitos das vibrações sobre o organismo.....</b>	<b>42</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Danos à saúde causados pela exposição às vibrações.....</b>	<b>45</b>
<b>2.6.4</b>	<b>Patologias das mãos e braços.....</b>	<b>47</b>
2.7	AVALIAÇÃO DAS VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS.....	50
<b>2.7.1</b>	<b>Vibrações de corpo inteiro.....</b>	<b>51</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Vibrações de mãos e braços.....</b>	<b>53</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Medidas técnicas de prevenção.....</b>	<b>54</b>
<b>2.7.3.1</b>	<b>Proteção do trabalhador.....</b>	<b>55</b>
2.8	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO HUMANA ÀS VIBRAÇÕES.....	56
<b>2.8.1</b>	<b>Método básico da aceleração ponderada em rms.....</b>	<b>56</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Método RMS (<i>root mean square</i>) ou Método A(8).....</b>	<b>56</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Método da Dose de Vibração.....</b>	<b>57</b>
<b>2.8.4</b>	<b>Efeitos na saúde, conforto e percepção.....</b>	<b>59</b>
2.8.4.1	Efeitos na saúde.....	59
2.8.4.1.1	<i>Redução do Tempo de Exposição.....</i>	<i>60</i>
2.8.4.2	Efeito de conforto.....	61
2.8.4.3	Efeito de percepção.....	62

2.8.4.3.1	<i>Dose para Movimento de Enjôo</i> .....	62
2.9	DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ESTUDO DE VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS.....	63
<b>3.</b>	<b>LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO</b> .....	<b>67</b>
3.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL.....	67
3.1.1	<b>Norma ISO 2631 – Corpo inteiro</b> .....	67
3.1.2	<b>Norma ISO 5349 – Vibrações transmitidas às mãos e braços</b> .....	69
3.1.3	<b>Limites ACGIH para Vibrações em mãos e braços</b> .....	71
3.1.4	<b>Limites ACGIH para Vibrações no corpo inteiro</b> .....	72
3.1.5	<b>Diretiva 2002/44/EC da Comunidade Européia de Vibração Humana</b> .....	73
3.1.5.1	Valores de exposição de vibração diária.....	73
3.1.5.2	Valor de ação de exposição diária (VAE).....	74
3.1.5.3	Valor limite de exposição diária (VLE).....	75
3.2	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO BRASILEIRA.....	76
3.3	MTE- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO.....	77
3.3.1	<b>Atividades e operações insalubres de vibrações – NR 15</b> .....	77
3.3.2	<b>Equipamentos de proteção individual – NR 6</b> .....	78
3.3.3	<b>Ergonomia - NR 17</b> .....	78
3.3.4	<b>Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) - NR 7</b> ..	79
3.3.5	<b>Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)- NR 9</b> .....	79
3.3.6	<b>Programa de Gerenciamento de Riscos - NR 22</b> .....	80
3.4	MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA E ASSISTÊNCIA SOCIAL.....	80
3.4.1	<b>Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP)</b> .....	80
3.4.2	<b>Agentes físicos Anexo IV– Classificação dos Agentes Nocivos</b> .....	83
3.4.3	<b>Anexo V–Classificação nacional de atividades econômicas</b> .....	83
3.5	LAUDO TÉCNICO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO TRABALHO.....	84
3.5.1	<b>Laudo de exposição às vibrações</b> .....	84
3.5.2	<b>Anexo nº 8 - Vibrações</b> .....	85
3.6	CUSTO - BENEFÍCIO DA PREVENÇÃO.....	85
<b>4.</b>	<b>PROGRAMA DE CONTROLE DE PREVENÇÃO DE RISCO À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES</b> .....	<b>87</b>
4.1	GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL.....	87
4.1.1	<b>BS 8800 - Elementos Essenciais do SGSSO</b> .....	89
4.1.2	<b>OHSAS 18001 - Elementos de um Sistema de SGSSO</b> .....	90
4.2	PROGRAMAS DE GESTÃO SSO.....	91
4.3	PROGRAMAS DE PROGRAMAS DE CONTROLE DE PREVENÇÃO DE RISCO À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES.(PCPR-EV)- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	92
4.3.1	<b>Considerações</b> .....	92
4.3.2	<b>Exigências para a Eficiência de Programas de Prevenção e Controle de Riscos</b> .....	93
4.3.3	<b>Componentes do Programa</b> .....	94
4.3.3.1	Reconhecimento do Problema de Vibração.....	94
4.3.3.1.1	<i>Considerações de avaliação do problema de vibração</i> .....	95
4.3.3.2	Seleção de Instrumentos de Medição.....	96
4.3.3.3	Estratégias de controle e medição.....	97
4.3.3.4	Estratégias de controle básicas.....	97
4.3.3.5	Programas de Comunicação, Educação e Treinamento de Riscos.....	99
4.3.3.6	Promoção de Saúde.....	100



4.3.3.7	Avaliação da Exposição.....	100
4.3.3.8	Grupo Homogêneo de Exposição (GHE).....	101
4.3.3.9	Projeto de Estratégia de Medições.....	102
4.3.3.10	Estratégias para Pesquisa de Vibrações.....	102
4.3.3.11	Implementação de Programas.....	103
4.3.3.12	Gerenciamento de programas .....	104
4.3.3.13	Práticas de Trabalho e Controle Administrativo.....	105
4.3.3.14	Equipe de Trabalho.....	106
4.3.3.15	Situações especiais.....	106
4.3.3.16	Cronograma.....	107
4.3.3.17	Avaliação de Programa.....	107
4.3.3.18	Sistema de controle de monitoramento.....	108
4.3.3.19	Indicadores.....	108
4.3.3.20	Vigilância no ambiente para propósito de controle.....	109
4.3.3.21	Vigilância saúde para propósito de controle.....	109
4.3.3.22	Registros e Relatórios.....	110
4.3.3.23	Melhoria Contínua.....	112
4.3.3.24	Recursos Requeridos.....	112
4.3.3.24.1	<i>Recursos humanos</i> .....	112
4.3.3.24.2	<i>Alocação de Recursos Financeiros</i> .....	112
4.3.3.25	Educação e Treinamento.....	114
4.3.3.25.1	Treinamento no local de trabalho.....	114
4.3.3.25.2	<i>Conteúdo do Treinamento</i> .....	113
4.3.3.25.3	<i>Tempo do Treinamento</i> .....	114
4.3.3.25.4	<i>Grupos alvos de Treinamento no local de trabalho</i> .....	115
4.3.3.25.5	<i>Métodos de Treinamento</i> .....	115
4.3.3.25.6	Treinamento fora do local de trabalho.....	116
4.3.3.26	Protetores Pessoais.....	116
4.3.3.26.1	Seleção de equipamentos de proteção pessoal ou individual.....	116
<b>5.</b>	<b>METROLOGIA DE VIBRAÇÃO OCUPACIONAL.....</b>	<b>117</b>
5.1	ESTUDO DE CASO: EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS ÀS MÃOS E BRAÇOS NA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	118
5.1.1	<b>Proposição do estudo de caso.....</b>	<b>118</b>
5.1.2	<b>Metodologia de medições.....</b>	<b>118</b>
5.1.3	<b>Rastreabilidade.....</b>	<b>121</b>
5.1.4	<b>Montagem do sistema de medição.....</b>	<b>121</b>
5.1.5	<b>Resultados de medição.....</b>	<b>121</b>
5.1.6	<b>Resultados por GHE.....</b>	<b>122</b>
5.1.7	<b>Considerações sobre o estudo de caso VMB.....</b>	<b>124</b>
5.2	ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO (VCI).....	124
5.2.1	<b>Metodologia.....</b>	<b>123</b>
5.2.2	<b>Resultados de medição do estudo de VCI.....</b>	<b>125</b>
5.2.3	<b>Avaliação das atividades de operação de varredora de pista.....</b>	<b>125</b>
5.2.4	<b>Avaliação das atividades de operação de empilhadeira de cargas.....</b>	<b>127</b>
5.3	INCERTEZA DA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO (VCI).....	128
5.3.1	<b>Recomendações para medições.....</b>	<b>129</b>
5.3.2	<b>Considerações sobre a incerteza à exposição de VCI.....</b>	<b>131</b>

<b>5.3.3</b>	<b>Conclusões sobre o estudo de incerteza em VCI.....</b>	<b>131</b>
5.4	ENTREVISTAS.....	131
<b>5.4.1</b>	<b>Excerto das entrevistas com trabalhador.....</b>	<b>132</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Excerto das entrevistas com especialistas.....</b>	<b>134</b>
5.5	ANÁLISE FINAL DO ESTUDO.....	136
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>144</b>
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	144
6.2	CONCLUSÕES.....	147
6.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	151
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>152</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>159</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Esta Dissertação de Mestrado foi elaborada em seis capítulos apresentando históricos, considerações, metodologia da pesquisa, hipóteses, teorias, gestão ocupacional e técnicas de medições sugeridas para gestão ocupacional da vibração do corpo humano, aspectos técnicos e legais relacionados à saúde e segurança.

No decorrer do trabalho procurou-se fazer uma apresentação sem tecnicismo dos processos de avaliação e das conseqüências da exposição à vibração elevada, permitindo uma análise clara da problemática envolvida na área saúde e segurança.

Através da compreensão dos documentos que gerem o assunto, somados aos exemplos de avaliação obtidos da literatura, estudos e práticas de medição de avaliações em campo, apresentado nesta dissertação, sugere-se a melhoria da gestão da vibração ocupacional, propondo algumas mudanças nas normas e a criação de um procedimento harmonizado para nossa realidade

### 1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

A Grande Enciclopédia Larousse Cultural de Língua Portuguesa (1995) dá as seguintes definições para vibração.

VIBRAÇÃO s.f. (Do latim *vibratio, vibrationis*)

1 - Ato ou efeito de vibrar.

2 - Movimento oscilatório rápido.

3 - Física: *Vibração acústica ou mecânica*, movimento das partículas de um meio elástico, de um lado e de outro de uma posição de equilíbrio.

Encicl. Fis. Todo movimento periódico em que uma característica (elongação, velocidade, aceleração) é definida por uma função do tempo pode ser considerado como a superposição de movimentos simples descritos por uma função senoidal. Cada movimento componente se produz com uma frequência que é um múltiplo inteiro da frequência do movimento considerado. Esta decomposição é chamada análise de Fourier da vibração. A medida das vibrações se efetua geralmente ao se transformar a oscilação mecânica em oscilação elétrica com o auxílio de transdutores de diferentes tipos como, por exemplo, os osciloscópios. (LAROUSSE CULTURAL, p. 5934, 1995)

### 1.1.1 Histórico da origem do estudo de vibrações

De acordo com o trabalho de pesquisa de Dimaragonas (1990), a teoria da vibração, da música e da acústica foram desenvolvidas em conjunto há 5 séculos A.C. Foi com o estudo da música e do som emitido pelos instrumentos, que já existiam na época, que tudo começou.

Descobriu-se que as notas musicais eram função das características físicas dos instrumentos, não dependendo necessariamente de como eram tocados. Este conceito foi definido mais tarde como frequência natural ou de ressonância de um corpo.

No início as referências eram as notas musicais, e cada configuração do instrumento tinha uma característica. O termo frequência só foi definido mais tarde, pois era necessário primeiro medir o tempo de modo mais eficiente. Vale lembrar que a frequência de 1 Hz corresponde a 1 ciclo por segundo, e dezenas ou centenas de hertz significam medir tempos da ordem de décimos ou centésimos de segundo. Até o conceito de isolamento de vibração já era aplicado na Grécia, nas rodas de carruagens com poucos raios, aros finos e eixos flexíveis. Este tipo de construção permitia maiores velocidades em terrenos acidentados com menores níveis de vibração. O conceito de isolamento de vibração estava diretamente relacionado à frequência natural de vibração ou frequência de ressonância da suspensão da carruagem.

## 1.2 OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo das técnicas, das normas, dos aspectos legais relacionados com a gestão e medição da vibração no corpo humano com ênfase nos aspectos metrológicos que permitirão a harmonização das normas internacionais. Através desse pilar metrológico focado nos objetivos do trabalho será criada uma base para a elaboração futura de procedimentos, normas técnicas e limites legais relacionando as questões dos riscos ambientais e ergonômicos.

O que se pretende é rever conceitos adaptando-os as aplicações no país, através do estudo de revisão e de elaboração de normas brasileiras, quando for necessário; montar base de dados de conhecimentos tradicionais e também trabalhar informações geradas em entrevistas com especialistas, consultores, prestadores de serviço de diferentes áreas, já que se trata de um tema multiprofissional e nesse sentido poder-se obter uma conscientização de todos das áreas de saúde ocupacional e engenharia envolvidas com o assunto identificando

diretrizes metrológicas que favoreçam a elaboração de regulamento técnico e legislação específica de controle e prevenção de vibrações.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

Durante o nosso dia a dia, estamos expostos a vibrações, de uma forma ou de outra, em carros, ônibus, trens, metrô etc. Outras tantas estão também expostas a outras vibrações, durante o seu trabalho, por exemplo, as produzidas por ferramentas manuais, máquinas ou veículos pesados. Alguns estudos desenvolvidos podem ser considerados como uma importante investigação no estudo do efeito da exposição do corpo humano a vibrações, especialmente no ambiente de trabalho.

A questão da vibração no corpo humano no Brasil ainda é muito pouco explorada. A Norma Regulamentadora NR 15, Anexo nº 8, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) que remete para as normas internacionais que abordam ISO 2631 (1997) vibrações no corpo inteiro e ISO 5349 (2001) e vibrações nas mãos e braços, quando relacionado com insalubridade. Além disso, também são aceitos os limites da norma ACGIH (1999) como informado na introdução da NR 15, sem qualquer menção a procedimento ou equipamento de medição. Com relação a riscos ergonômicos não existe ainda referência a normas internacionais A importância do assunto também recai nas exigências do Ministério da Previdência e Assistência Social (MPAS) referentes aos benefícios da aposentadoria especial com relação à exposição à vibração no corpo humano. Na recente Instrução Normativa (IN)118 de março de 2005 do INSS é exigida ao empregador a avaliação da exposição às vibrações.

É interessante ressaltar que a garantia da rastreabilidade metrológica dos sistemas e instrumentos adotados na cadeia de medições de vibrações, seria muito importante e proporcionaria um aumento na confiabilidade metrológica aplicada, permitindo que os aspectos técnicos, legais, periciais, judiciais tenham maior credibilidade, criando condições vantajosas para um aprimoramento contínuo tanto na área técnica como na administrativa. Por outro lado, as vibrações em edifícios (por exemplo, por ação de obras, explosões próximas de edifícios, etc) começaram igualmente a ser alvo de normalização específica com indicação de valores de vibração admissíveis.

## 1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

O planejamento e o desenvolvimento da dissertação procuram estabelecer uma contribuição para a gestão ocupacional das atividades sujeitas às vibrações mecânicas, baseadas nas estratégias de pesquisas metrológicas com relação ao controle dessas vibrações no corpo humano.

### 1.4.1 Estrutura do Trabalho

A elaboração do trabalho foi desenvolvida partir de observações de pesquisa bibliográfica, acompanhamento dos processos de medições nas situações estudadas, resultados obtidos após a realização de medições de vibrações ocupacionais e entrevistas em canteiro de obras de uma empresa de construção civil e em outras situações avaliadas nas atividades de manutenção e conservação de grandes áreas jardins. Após a definição do método, legislação e normalização, foram avaliadas as situações objetivando visualizar adequações que proporcionem melhoria nos sistemas e programas de controle e prevenção de risco à exposição de vibrações.

### 1.4.2 Métodos e técnicas aplicadas

A metodologia referenciou-se em informações colhidas em bibliografia focadas em elaboração de projetos de pesquisa (GIL, 2002) e na fundamentação do trabalho, foram considerados os sentidos documentais, bibliográficos, exploratórios e causais como mostra a descrição a seguir:

#### 1.4.2.1 Pesquisa e Avaliação Bibliográfica

Esta etapa abrangeu consultas à legislação (como diretivas e regulamentação), livros e artigos de autores nacionais e internacionais, abordagens a profissionais atuantes na área de metrologia ocupacional com entrevistas sobre exposição às vibrações, normas sobre gestão de SSO, dissertações de banco de teses, recursos disponíveis na internet. Foram realizadas,

dentro do possível, visitas em empresas para realização de medições ocupacionais e também entrevistas que são muito importantes considerando a complexidade da situação em estudo. Nas visitas, foram observadas as situações que necessitam de avaliações através de medições, como por exemplo, nos funcionários expostos às vibrações de corpo inteiro e mãos e braços. A abordagem diversificada da pesquisa apresenta vantagens e desvantagens próprias com relação aos procedimentos de aquisição e análise de dados.

## 1.5 HIPÓTESE DO TRABALHO

O objetivo é apresentar a importância da contribuição da metrologia na melhoria de sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional (SGSSO) com relação à exposição aos agentes físicos de vibrações. Desta forma, é levantada a hipótese de que é possível desenvolver de forma alinhada, um programa de controle e prevenção de risco harmonizado com os elementos essenciais do SGSSO que atenda às exigências normativas atualizadas, legislação adequada, metrologia ocupacional e quando implementado, permitir o controle, a avaliação, a prevenção e evitar quaisquer danos à saúde do trabalhador e aos negócios da empresa.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo um apresenta o objetivo do trabalho e a sua estruturação, a formulação do problema, a definição do objetivo da pesquisa, e ainda justifica a escolha dos caminhos pesquisados e traz algumas explicações sobre a metodologia da pesquisa empregada.

O capítulo dois contém a fundamentação teórica com terminologia - padronização de termos da linguagem metrológica brasileira; conceitos - vibrações; definições; situações; efeitos; conseqüências; metrologia em vibrações; métodos e sistemas de medições; instrumentação específica; avaliação e métodos de avaliação de vibrações humanas.

O capítulo três concentra-se na compreensão de normas específicas, legislação e regulamentação pertinentes ao estudo de vibrações ocupacionais

O capítulo quatro apresenta uma Proposta de Programa de Gestão e Controle de Prevenção de Risco à Exposição de Vibrações baseado nas normas de gestão, abordando os elementos essenciais de um Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO)

que requer uma conservação de saúde apropriada e implementação de programas de controle de vibração sempre que um lugar de trabalho enquadrar-se na categoria de "ambiente vibratório"

O capítulo cinco realiza análises de dados técnicos colhidos nas medições realizadas *in loco* nas pessoas expostas às vibrações, e também nas entrevistas junto aos especialistas e profissionais atuantes em tecnologia de medição de riscos físicos ambiental. Foram analisadas algumas aplicações de medições de vibrações nos estudos de caso sobre exposição de vibrações transmitidas às mãos e braços nas atividades da construção civil, no estudo sobre vibração de corpo inteiro em operadores de veículos no ambiente de trabalho, e a aplicação de estudo de incerteza na avaliação de exposição ocupacional de vibrações. Sendo as informações colhidas e as percepções discutidas em forma de considerações.

O capítulo seis apresenta as considerações finais e, também, traz conclusões e sugestões de melhoria na Gestão de SSO com relação à exposição às vibrações apoiada na metrologia, feita com base na análise de normalização e legislação brasileira e internacional. E, como sugestões para sensibilização da gestão técnica - científica, indicativos de desenvolvimento de tecnologias de medições e calibrações aplicadas à metrologia ocupacional de vibrações; promoção de mecanismos gerenciais de transferência de resultados; como também indica a necessidade de capacitação e pesquisa em metrologia que possibilite desenvolvimento e disseminação de novas tecnologias no campo da análise e medição da vibração ocupacional.

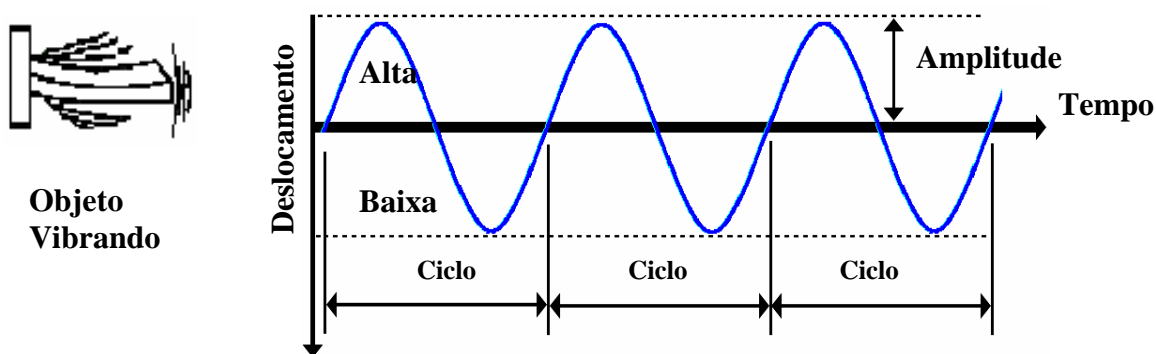


## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS – VIBRAÇÕES

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com Thomson (1978) “vibração é o termo que descreve um movimento oscilatório de um sistema mecânico em relação a uma condição de equilíbrio tomada como referência.” Segundo Drogicina (1972) a vibração pode ser definida como um movimento oscilatório das partículas em torno de seu ponto de referência do equilíbrio em um corpo contínuo, em um líquido ou em um gás [...].” De acordo com Iida (2005) “vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue nenhum movimento determinado, como no sacolejar de um carro andando em uma estrada de terra.”

Na observação de um objeto vibrando em câmara lenta, podem-se ver movimentos em diferentes direções. O movimento do objeto em relação à sua condição de referência, ou seja, quanto maior for o deslocamento percebido do objeto em relação a sua referência ou quanto maior for o nº de ciclos por segundo, desta forma será então permitido a observação das características das grandezas relacionadas com a vibração. Os termos usados para descrever esse movimento são a frequência, amplitude, aceleração, velocidade e deslocamento.



**Figura 1** - Representação de vibração  
Fonte: CCHOS (2005)

### 2.1.1 Definição Básica de Vibrações

A norma ISO 5805 (1997) destaca algumas definições importantes usadas em vibrações que são descritas a seguir:

- Um objeto vibrante move-se de um lado para o outro da sua posição de equilíbrio normal. Um ciclo completo de vibração ocorre quando o objeto desloca-se de um extremo para o outro, retornando para a sua posição normal, portanto, o número de ciclos que um objeto vibrando completa por unidades de tempo é chamado frequência. A unidade de frequência é hertz (Hz) e um hertz equivale a um ciclo por segundo.
- Um objeto vibrando move-se a uma distância máxima em relação a sua posição de equilíbrio. A amplitude de deslocamento é a distância extrema em relação a posição de equilíbrio em qualquer dos lados e é medido em metros (m). A intensidade de vibração depende da amplitude e pode ser descrita nas seguintes magnitudes:
- A velocidade de um objeto vibrando varia de zero a um valor máximo durante cada ciclo de vibração, movendo-se rapidamente através de sua posição de equilíbrio para uma posição extrema. O objeto vibrando reduz a velocidade quando se aproxima do extremo, onde para e retorna na direção oposta pela posição de equilíbrio até o outro extremo.
- A velocidade é expressa em unidades de metros por segundo (m/s). Aceleração é a medida de como a velocidade varia com o tempo e é expressa em unidades metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ). A magnitude de aceleração muda de zero para um valor máximo durante cada ciclo de vibração, quando o objeto vibrando move-se mais distante da sua posição de equilíbrio.
- Todo o objeto tende a vibrar em frequências particulares que dependem da composição do objeto, seu tamanho, estrutura, massa e forma. Estas frequências naturais são chamadas de frequências de ressonância. Uma máquina vibrando transfere uma quantidade de energia a um objeto quando a máquina vibrar na frequência de ressonância desse objeto. Um sistema complexo de várias massas interconectadas mediante elementos elásticos, como pode ser simulado o corpo humano, apresentam diferentes frequências de ressonância.

As vibrações mecânicas podem ser originadas por diversos fatores, dentre eles destacamos as condições operacionais (máquinas e equipamentos), a natureza (excitação eólica, ondas, abalos sísmicos, etc) e excitadores de vibrações.

De acordo com Ripper; Dias, (2000) as vibrações normalmente detectadas na indústria são de origens diversas e podem ser classificadas nas categorias de vibrações produzidas por

um processo de transformação; vibrações ligadas aos modos de funcionamento das máquinas e materiais e também pelas vibrações devidas a defeitos das máquinas.

Na prática, segundo Nepomuceno, (1989) é muito difícil evitar a vibração. Geralmente as causas de vibrações em máquinas e equipamentos ocorrem por efeitos dinâmicos de tolerâncias de fabricação, folgas, desalinhamentos entre equipamentos ou componentes, atritos em rolamentos e mancais, contatos de batimentos de dentes de engrenagem, forças de desbalanceamento, flutuação de campo eletromagnético, variação de torque, movimentos alternativos (motores, compressores). É comum vibrações insignificantes excitarem as frequências naturais de outras peças da estrutura fazendo com que estas sejam ampliadas, transformando-se em vibrações e ruídos indesejáveis para o homem.

Mas, às vezes, a vibração é desejável realizando um trabalho útil. Inclusive existem equipamentos onde a vibração é o princípio de funcionamento ou o seu objetivo final. Por exemplo, é provocada vibração intencional em dispositivos alimentadores de componentes ou peças numa linha de produção, em peneiras vibratórias, em banhos de limpeza ultra-sônicos, em compactadores de concreto, em perfuradores, em britadores e bate-estacas. Máquinas vibratórias de ensaios são bastante usadas para transmitir níveis de vibrações controlados durante os testes, pois é necessário analisar as respostas físicas e funcionais para assegurar a resistência à vibração ambiental.

Com relação as vibrações Thomson (1978) apresenta duas grandes classes de vibrações:

- vibrações livres - quando um sistema vibra sem ação de forças externas, neste caso o sistema vai vibrar à sua frequência natural que depende das suas propriedades próprias (massa e rigidez).
- vibrações forçadas - quando a vibração do sistema sofre à intervenção de forças externas. Neste caso, o sistema vai vibrar com a frequência da força de excitação.

A vibração pode ainda ser classificada segundo diferentes critérios, alguns deles, por exemplo, sob o ponto de vista físico, são apresentados a seguir:

- vibrações senoidais - quando a vibração segue um perfil conhecido. Nesse caso o sinal no momento futuro é previsível a partir do histórico passado, seguindo uma relação matemática explícita.

Ex.: excitação senoidal discretizada, varredura senoidal lenta, varredura periódica rápida, impulso, relaxação.

- vibrações periódicas - O sinal se repete depois de determinado período de tempo, podendo ser representado por uma série de Fourier.
- vibrações aperiódicas - Não existe uma caracterização da repetitividade.
- vibrações aleatórias - Vibração segue um perfil aleatório, ou seja, a previsão no momento futuro não é possível a partir do histórico passado, exceto por características estatísticas como: média, desvio-padrão, variância, etc.

Ex.: ruído aleatório puro, ruído aleatório transiente.

A forma mais simples de um movimento vibratório é a forma senoidal ficando perfeitamente caracterizado pela sua amplitude (de deslocamento, velocidade ou aceleração) e pela frequência, ou pelo seu inverso, o período de oscilação.

A Transformada Rápida de Fourier (FFT) é um método numérico que possibilita transformar uma onda no domínio do tempo (Tempo  $\times$  Amplitude) em um espectro, ou seja, um gráfico no domínio da frequência (Frequência  $\times$  Amplitude).

## 2.2 CONCEITOS FÍSICOS BÁSICOS DE VIBRAÇÕES

Alguns conceitos básicos importantes descritos por Thomson (1978) serão apresentados a seguir:

Supondo um movimento vibratório harmônico definido por uma senóide do tipo:

$$u = X \text{ sen } \omega t \quad \text{eq. (2.1)}$$

onde,  $X$  é o deslocamento máximo do movimento e  $\omega$  é a frequência angular em radianos por segundo. A repetição do movimento se dá quando  $\omega t = 2\pi$  radianos, portanto:

$$\text{O período } T \text{ do movimento em segundos é: } T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{eq. (2.2)}$$

$$\text{A frequência } f \text{ é o inverso do período: } f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{eq. (2.3)}$$

$$\text{O deslocamento pode ser reescrito sob a forma : } u = X \text{ sen } 2\pi f t \quad \text{eq. (2.4)}$$

Nesse caso, podem ser derivadas a partir do deslocamento as equações correspondentes para velocidade instantânea correspondente a um tempo  $t$ :

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega X \cos \omega t = 2\pi f X \cos (2\pi f t) \quad \text{eq. (2.5)}$$

e para aceleração instantânea correspondente a um tempo  $t$ .

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2u}{dt^2} = -(2\pi f)^2 X \sin \omega t = -4 \omega^2 \pi^2 f^2 X \sin (2\pi f t) \quad \text{eq. (2.6)}$$

A representação de um sinal de amplitude pode ser indicada de várias maneiras, dependendo do instrumento de leitura e para avaliar um sinal vibratório devem ser conhecidas algumas medidas:

O valor pico, que indica o valor máximo, mas não traz qualquer informação acerca da duração ou tempo de movimento, é particularmente usado na indicação de níveis de impacto de curta duração; o valor da raiz média quadrática (rms) ou valor eficaz, que é a raiz quadrada dos valores quadrados médios dos movimentos, é a mais importante e a mais utilizada medida da amplitude porque mostra a média da energia contida no movimento vibratório. Portanto, indica o potencial destrutivo da vibração, que é considerado em análises de manutenção de máquinas. Também é denominado aceleração equivalente quando se refere a um período de tempo significativo. Este parâmetro é definido pela seguinte equação:

$$\text{Valor eficaz (rms)} \quad a_{eq} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}}, \quad \text{eq. (2.7)}$$

onde:

$a_{eq}$  = aceleração equivalente

$T$  = período ( tempo de medição)

$a(t)$  = aceleração instantânea correspondente a um tempo  $t$

O valor médio indica apenas a média da exposição sem qualquer relação com a realidade do movimento, é usado quando se quer levar em conta um valor da quantidade física da amplitude em um determinado tempo; o valor pico a pico, indica a dupla amplitude da onda e é usado, por exemplo, onde o deslocamento vibratório da máquina é parte crítica na tensão máxima de elementos de máquina. A velocidade e aceleração podem ser indicadas em

mm/s ou  $m/s^2$  pico ou rms, respectivamente, sendo o valor de deslocamento pico a pico indicado em mm. A figura 2 a seguir representa um movimento senoidal e os parâmetros característicos descritos anteriormente.

As relações matemáticas entre estes parâmetros são:

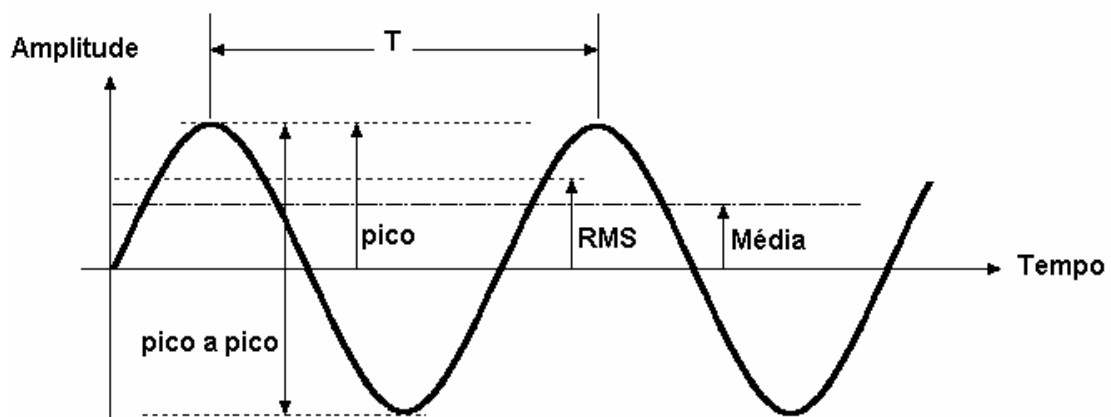
Amplitude pico (uma amplitude máxima):  $X$ ,

Amplitude pico-a-pico (o dobro da amplitude máxima):  $2 X$

Amplitude rms (raiz média quadrática do sinal):  $X \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707 X$  (Caso o sinal não seja senoidal a equação é diferente).

Amplitude média (média retificada do sinal):  $0,637 X$ .

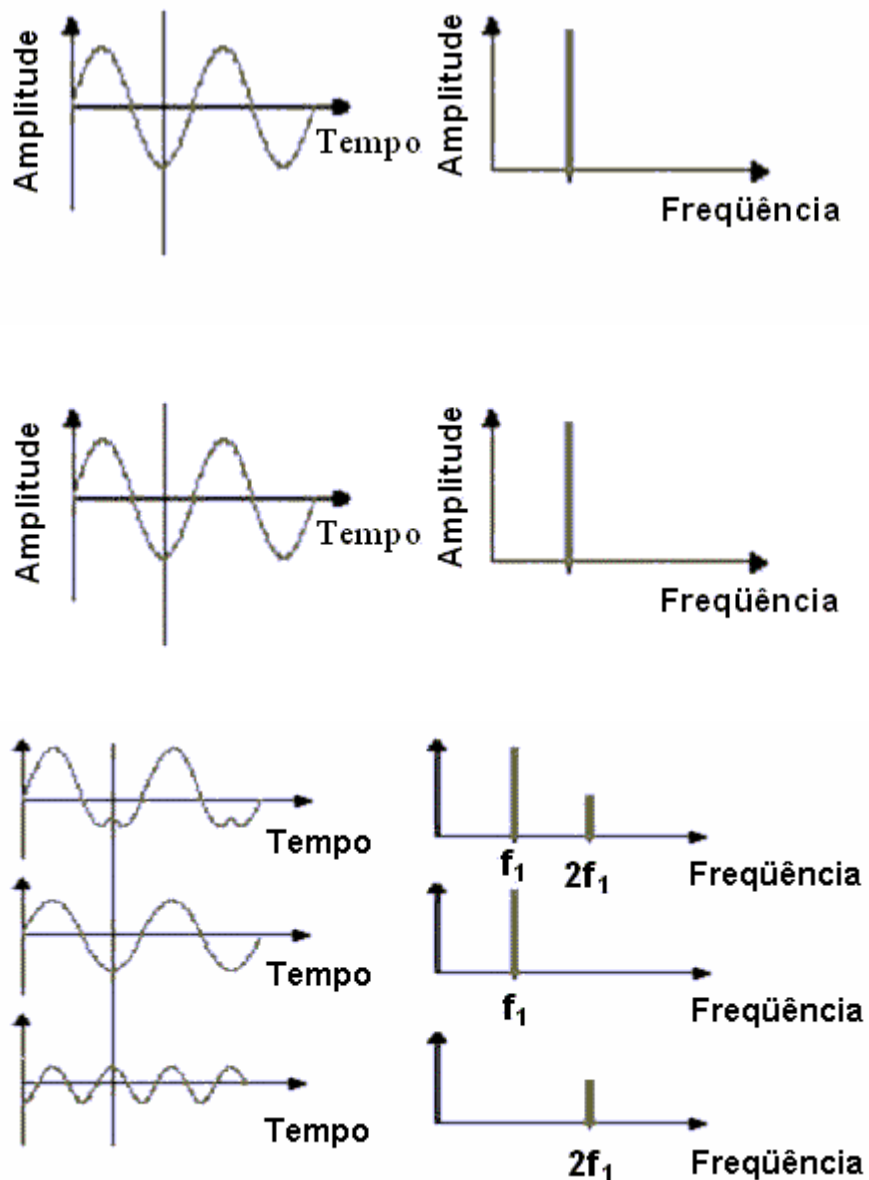
Na figura 2 a seguir estão representados os parâmetros característicos de um movimento senoidal.



**Figura 2** - Parâmetros característicos de um movimento senoidal  
**Fonte:** B&K, 1988.

### 2.2.1 Domínio do tempo e da frequência

A relação direta, mostrada a seguir na figura 3, entre os domínios do tempo e das frequências nem sempre ocorre de maneira tão simples como no caso de um sinal senoidal. É importante ter em mente que fora alguns poucos casos ideais, a análise no domínio do tempo é muito limitada. O domínio de frequências mostra muitas informações que o mais treinado técnico dificilmente consegue verificar sem a sua análise.



**Figura 3** - Domínio de tempo e freqüência

### 2.2.2 Escala logarítmica e linear

Pode-se utilizar a representação logarítmica ou linear na representação da amplitude de vibração ou na freqüência, ou em ambos, dependendo da análise a ser realizada. As escalas lineares de amplitude e freqüência são usadas em medidas de vibração quando uma alta resolução é necessária. A escala linear ajuda a separar componentes em freqüência próximos entre si, e facilita a visualização de componentes harmônicos em freqüência de um sinal. As escalas logarítmicas podem ser importantes para interpretação de sinais com grande faixa

dinâmica e amplo espectro de frequência, que é o caso dos acelerômetros piezelétricos. A escala logarítmica de frequência expande as mais baixas e comprime as mais altas, criando uma resolução relativamente igual ao longo do eixo de frequência. Quando a amplitude é representada de modo logarítmico, utiliza-se o decibel (dB), que é o logaritmo da razão entre a amplitude medida e um valor de referência. Para amplitude de vibração, tem-se a seguinte relação:

$$Amplitude \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \left[ \frac{Amplitude \text{ Medida}}{Amplitude \text{ de Referência}} \right] \quad \text{eq. (2.8)}$$

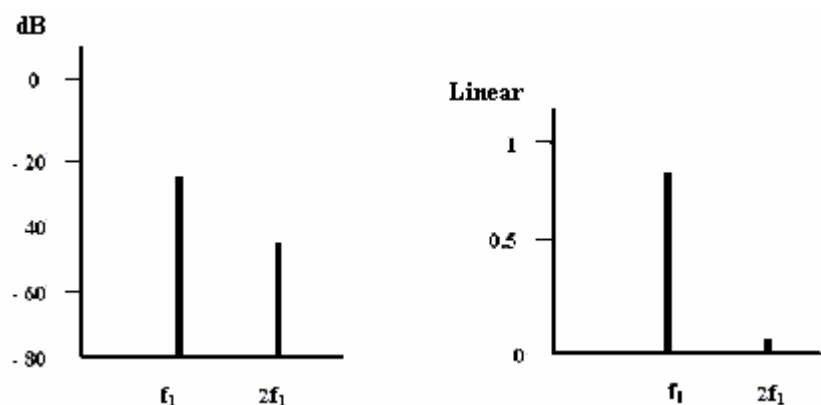
A amplitude de vibração pode ser representada pelo deslocamento, velocidade, ou aceleração e também em decibéis; na prática, a aceleração é usada intensamente como unidade em vibrações, conforme apresentado na tabela 1, e de acordo com a norma ISO 1683 os níveis de referência recomendados são:

**Tabela 1** - Níveis de referência recomendados pela norma ISO 1683

AMPLITUDE	NÍVEIS DE REFERÊNCIA
Aceleração	$10^{-6} \text{ m.s}^{-2}$
Velocidade	$10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$
Deslocamento	$10^{-12} \text{ m}$

Fonte: ISO 1983

A comparação dos gráficos na figura 4 mostra que na existência de sinais muito pequenos junto com outros muitos grandes, a utilização de escala logarítmica permite uma análise melhor que a linear.



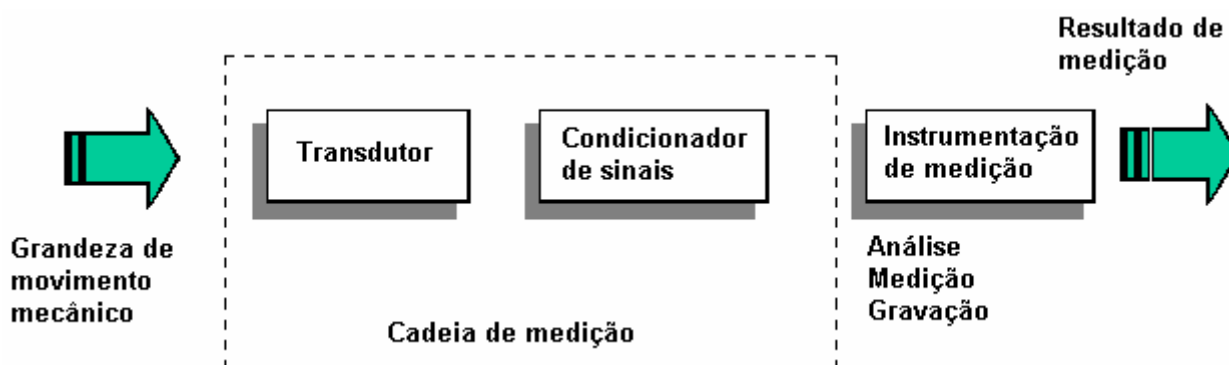
**Figura 4** - Comparação entre escalas logarítmica e linear



## 2.3 METROLOGIA EM VIBRAÇÕES

Diferentes sistemas podem ser usados para medições de vibrações dependendo do propósito do estudo, das características e o conteúdo das informações desejadas. Os vários elementos em um sistema de medição são: o transdutor, que normalmente é o acelerômetro; o condicionador de sinal para adequar o sinal do transdutor ao registro; a ponderação de frequência ou possibilidades de análise; facilidades de armazenagem de dados; leitura dos dados. Segundo Ripper (2000), nem todos estes elementos são usados em todo sistema de medição. Nos últimos anos, tecnologias de medição foram criadas, permitindo pesquisar máquinas modernas que funcionam em alta velocidade e num ritmo elevado de solicitação. A utilização de acelerômetros, que convertem o movimento vibratório em sinais elétricos, e a versatilidade dos aparelhos eletrônicos, tornam mais habil a realização do processo de medição e análise de vibrações. Os acelerômetros podem ser conectados ao medidor de níveis de vibrações ou diretamente a um registrador de armazenagem de dados para medição futura ou referência. Muitas vezes é necessário que o nível de vibração em determinado sistema seja quantificado ou analisado quanto ao seu conteúdo em frequência. Quando o interesse se tratar de ensaio vibratório ou calibração, geralmente tem-se que gerar a vibração mecânica com excitadores de vibração que são baseados em diferentes princípios de funcionamento.

Pela definição do Vocabulário Internacional de Metrologia (2000) um sistema de medições compreende o conjunto completo de instrumentos de medição e outros equipamentos acoplados para executar uma medição. O esquema abaixo de um sistema para medições de vibrações é apresentado:



**Figura 5** - Esquema básico de sistema de medições de vibrações.

Pode-se observar que o esquema é composto de três blocos, um transdutor (ou captador), um dispositivo de amplificação (elétrico, mecânico ou óptico) e um indicador ou registrador de amplitude ou de nível, que serão analisados separadamente, podendo ainda ser composto de filtros passa bandas para selecionar frequências específicas.

### **2.3.1 Instrumentos e sistemas de medições de vibrações**

O sensor ou transdutor de vibrações, refere-se ao elemento da cadeia de medições responsável pela transdução do movimento vibratório em uma grandeza mensurável. A saída pode ser um sinal elétrico, mecânico e óptico, proporcional ao movimento ao qual foi submetido, quando dentro da sua faixa linear de resposta. Este sinal de saída fornecido pelo transdutor pode ser proporcional ao deslocamento, velocidade ou aceleração. São geralmente classificados quanto à grandeza para medir aceleração, velocidade e deslocamento. Ou ainda, outro critério normalmente utilizado, é o de serem relativos ou absolutos. O transdutor relativo, necessita estar conectado a uma referência fixa no espaço, a partir da qual serão feitas as medições. Os transdutores relativos podem ser classificados em: com contato e sem contato como por exemplo: magnético, capacitivo, ultra-som e laser (deslocamento e velocidade). Exemplos de transdutor relativo com contato são: linear voltage difference transducer-LVDT (deslocamento). O transdutor absoluto está conectado fisicamente somente à superfície a ser medida como por exemplo eletrodinâmico (velocidade) e acelerômetro (aceleração). A sensibilidade do transdutor de vibrações refere-se a relação entre o sinal de saída do transdutor e a entrada mecânica. Para um transdutor de aceleração, por exemplo, a sensibilidade é expressa da seguinte maneira:  $\text{mV/ms}^{-2}$  e  $\text{pC/ms}^{-2}$ , para tensão e carga respectivamente no sistema de unidades SI ou  $\text{mV/g}$  e  $\text{pC/g}$  (onde  $g$  é aceleração da gravidade,  $g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$ ). Os acelerômetros são os transdutores mais utilizados para medições de vibrações. O transdutor é a interface entre a vibração e o sistema de medição. Responde à vibração mecânica e a transforma em um sinal elétrico que pode ser interpretado pelo instrumento de medição. O melhor instrumento não pode dar um resultado melhor do que a saída do transdutor. Os tipos mais comuns de acelerômetros são: piezoelétricos; piezoelétricos com eletrônica integrada (ICP); piezoresistivo; capacitância variável; servo-acelerômetro. Condicionadores de sinais são definidos como os elementos responsáveis pela adequação do sinal fornecido pelo transdutor aos requisitos da instrumentação de registro e /ou análise. São alguns exemplos de condicionadores de sinais: amplificadores diferenciais

para acelerômetros piezoresistivos; amplificadores de tensão e amplificadores de carga para acelerômetros piezoelétricos; etc. Os filtros de ponderação de frequência são usados para comparar a vibração medida com as normas, sendo só permitindo a passagem de certos componentes de frequência pela função passa-bandas. Os medidores e analisadores de frequência são os instrumentos mais utilizados na prática para aquisição registro e análise de vibrações.

As duas principais características são a resposta de frequência e a faixa dinâmica. A resposta de frequência é na verdade o desvio entre o valor medido e o valor verdadeiro da função de frequência. A resposta de frequência do medidor de níveis de vibrações deve ser boa, com pequenas variações sobre a faixa dinâmica. A faixa dinâmica é aquela sobre a qual o valor medido é proporcional ao valor verdadeiro, em uma determinada frequência em Hz. Esta faixa é limitada pelo nível mais baixo pelo aterramento elétrico do instrumento e nos níveis mais altos pela distorção do sinal causado pela sobrecarga do transdutor ou amplificador. Este instrumento para medidas gerais de vibrações em máquinas necessita ser muito fácil de usar e extremamente robusto permitindo monitorização preventiva de vibrações de máquinas ou motores.

### **2.3.2 Instrumentação de Medição – Resposta Humana à Vibração**

Devido à complexidade da sensação humana de vibração não é possível projetar uma vibração objetiva - com equipamentos e instrumentos medindo para dar resultados que são absolutamente comparáveis, para todos os tipos de vibração, como se fossem observados por seres humanos. Porém, é considerado essencial ter a instrumentação usada para medir vibração em condições bem próxima das definidas por normas, de forma que resultados obtidos por usuários de tal instrumentação sempre sejam o mesmo e dentro das tolerâncias declaradas. A norma internacional ISO 8041 (1999) na cobertura da instrumentação especificada mostra que há a necessidade de se ter pelo menos um dos métodos de medição recomendados pelas normas ISO 2631(1997) e ISO 5349 (2001).

As medidas de resposta humana são realizadas na interface entre a pele e a fonte de vibração. Há dois tipos de sensores de vibração: os sem contato (capacitivo e indutivo) e os com contato (eletromagnético e piezoelétrico); enquanto os primeiros permitem a medição fora do sistema vibratório, os outros são obrigatoriamente fixados no sistema vibratório.

Métodos sem contato, por exemplo, laser, são preferidos, mas não são normalmente utilizados em avaliações ocupacionais.

As vibrações podem ser medidas por aparelhos portáteis como os descritos a seguir: Medidores de vibrações (mecânicas) no corpo humano: Aparelhos de monitorização de vibrações para controle da exposição de um trabalhador a vibrações de máquinas e ferramentas, tais como martelos pneumáticos.

Sistema de Análise de Vibrações Ambientais (edifícios, obras em construção e ambiente em geral): qualquer tipo de vibração pode causar, a partir de determinados níveis ou se mantiverem num longo espaço de tempo, graves danos nas estruturas de edifícios assim como contribuir para problemas de saúde num grupo populacional ou ainda por vibrações provocadas por grandes máquinas ou motores num determinado local.

Os aparelhos atuais que incorporam a mais avançada tecnologia para medidas complexas de vibrações, permitem medir em 1/3 de bandas de oitavas. A capacidade de monitorização contínua e a capacidade de memorização de valores habilitam o equipamento para medidas em qualquer situação e ambiente de trabalho. Os resultados podem ser diretamente enviados para uma impressora ou para um computador para posterior análise

Medidor de vibração humana possibilita leituras simultâneas triaxiais (eixos x, y e z), com filtros de ponderação específicos para cada eixos independentes, permitindo medir o nível de exposição do trabalhador à vibração na palma e na mão, no braço, no corpo inteiro, estudos e avaliações ergonômicas, estudo de performance de ferramentas manuais e determinação de eficiência de luvas antivibração.

Sistema de Três Eixos de Vibrações: Medidor de vibrações especialmente concebido para aqueles que usam no seu trabalho ou que exista no seu local de trabalho, maquinário que provoque vibrações contínuas. Um menu fácil de usar e as medidas dentro da banda das 1/3 oitavas o tornam um instrumento extremamente versátil na monitorização de máquinas, medição de vibrações em edifícios e vibrações ambientais. As medidas são realizadas diretamente usando entre 1 a 3 acelerômetros em simultâneo. Além disso, o mesmo aparelho pode ser usado em diferentes funcionários sendo em seguida os resultados apresentados como um todo, num só eixo ou como uma soma de vetores XYZ, e ainda permite o cálculo de "doses de vibração" a que um trabalhador esteja exposto ao longo do seu período de trabalho.

A calibração é realizada em conjunto e as tolerâncias são especificadas na norma ISO 8041. Deve-se definir os conjuntos de elementos em que a calibração é válida. Os equipamentos para medição de vibração no corpo humano devem ser do tipo 1 ou do tipo 2, como recomendado pela norma ISO 8041. A diferença está apenas na tolerância permitida de

$\pm 3,5\%$  para o tipo 1, usados em casos específicos como ambientes bem definidos e controlados, e  $\pm 6\%$  para o tipo 2, usado nos casos gerais.

## 2.4 CALIBRAÇÃO

Como define o Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM (2000), calibração é um conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões.

Com relação ao requisitos para calibração é importante que se tenha em mente que, calibração é diferente de medição, e requer: pessoal qualificado, que domine todo o processo e os equipamentos utilizados; equipamento específico para calibração; método que garanta a repetitividade e reprodutividade dos resultados; rastreabilidade a padrões nacionais, direta ou indiretamente e incerteza conhecida dos equipamentos e do método utilizado.

O produto final de uma calibração é o certificado de calibração, que será a referência para todas futuras medições do instrumento.

Essas calibrações podem ser classificadas quanto ao método aplicado como absoluto e comparativo. Nos métodos absolutos a sensibilidade é obtida diretamente pela medição de grandezas que formam a base do sistema de unidades. São métodos geralmente restritos a institutos metrológicos nacionais e fabricantes para a calibração de acelerômetros padrão e de referência utilizados nas calibrações comparativas. Os principais métodos de calibração absoluta são os que utilizam técnicas interferométricas (contagem de franjas de interferência e determinação de nulos da função de Bessel), descritos na norma ISO 16063-11 (1998) e a técnica de reciprocidade, abordada na norma ISO 16063-12 (2002). Nos métodos comparativos, a sensibilidade é obtida através da comparação dos sinais de saída do transdutor a calibrar e de um transdutor de referência, o qual deve possuir características estáveis e conhecidas. São aplicados em calibrações de transdutores de uso geral na indústria e em laboratórios secundários. As categorias de calibrações segundo norma ANSI S2.31 (1979) são operacionais, básicas e suplementares. As calibrações operacionais são verificações de um instrumento ou sistema de medição, ou ainda, como processo de ajuste ou determinação da sensibilidade de um sistema feita normalmente em campo, antes ou durante uma medição, ex: excitador manual de vibrações, calibrador portátil, simulador de transdutor e etc.

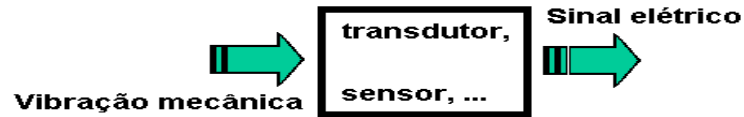
As calibrações básicas definem as principais características do instrumento ou sistema, aquelas que normalmente são levantadas para cada transdutor, individualmente. Essas características são: sensibilidade (fator de calibração) – relação entre saída elétrica e entrada mecânica; sensibilidade de carga ( $\text{pC}/\text{ms}^{-2}$ ); sensibilidade de voltagem ( $\text{mV}/\text{ms}^{-2}$ ); resposta em frequência do acelerômetro montado (ressonância); impedância elétrica (resistência, capacitância ou indutância). As calibrações suplementares definem características que não são medidas individualmente, mas apresentadas como características de um modelo de produto, como sensibilidade transversal, sensibilidade a temperatura, a campos magnéticos, acústica, a torque de montagem, a choques, etc. A abrangência da calibração envolve um elemento da cadeia de medição (ex. transdutor), ou até a própria cadeia, de forma global.

De acordo com Ripper *et al*, (1995), são vários os motivos para se efetuar um processo de calibração que estão relacionados a seguir: estabelecer relação do fenômeno a medir com grandezas físicas conhecidas; rastreabilidade da medição; condições contratuais ou legais e recomendações pelas normas técnicas; verificação de valores especificados pelo fabricante em carta de calibração; levantamento de características especificadas em carta; verificação de alteração de características de desempenho devido ao uso; confiabilidade e repetitividade dos dados; garantia de intercambiabilidade de transdutores; checagem de erros de montagem de vários componentes em uma cadeia. Alguns motivos contribuem de forma importante para o crescimento da demanda por calibração como os programas de manutenção preventiva, redução de custos da instrumentação, redução de perdas, conforto, segurança e saúde ocupacional, competitividade de mercado, concorrência devido a abertura de mercado (barreira técnicas internacionais), a evolução de normas de gestão de negócios e sistemas de gestão apoiados em estratégias de controle baseadas na Metrologia.

#### **2.4.1 Calibrações de transdutores e medidores de vibrações.**

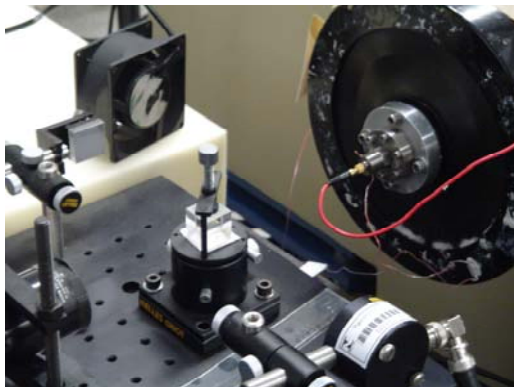
Para calibrar um transdutor de vibração, aplica-se uma vibração conhecida e mede-se a tensão de saída, obtendo então a sensibilidade.

$$\text{Sensibilidade} = \frac{\text{Sinal Elétrico}}{\text{Vibração Mecânica}} \quad \text{eq. (2.8)}$$



**Figura 6** - Esquema básico de calibração de transdutor de vibrações.

Precisa-se então de um sistema, conforme esquema da figura 6, que gere um nível de vibração conhecido, que será a referência, e também leia o sinal elétrico na saída do transdutor. O sistema de referência depende do método de calibração utilizado e da incerteza que se deseja obter. Conforme Ripper, *et al*, (1995), os dois métodos de calibração são normalmente aplicados. Métodos absolutos que consiste na medição do deslocamento da vibração utilizando interferometria a laser e a partir desse dado calcula-se a velocidade e aceleração (vibração harmônica senoidal  $v = 2\pi f\lambda$ ), obtendo-se o valor da sensibilidade com uma incerteza menor que os métodos comparativos ( $\pm 0,5\%$ ) e o método comparativo que por meio de um transdutor de referência, ou padrão montado juntamente com o transdutor que esta sendo calibrado e, ele vai indicar o nível de vibração aplicado. A figura 7 a seguir mostra montagens dos métodos descritos anteriormente. Na prática, o acelerômetro é o transdutor mais utilizado como padrão, e são construídos de maneira que facilite a montagem do transdutor que se deseja calibrar sobre ele, para garantir que o nível de vibração seja o mesmo nos dois transdutores.



**Figura 7** - Calibração Absoluta e Comparativa de transdutor de vibrações.

As tensões  $V_d$  e  $V_r$  são medidas no multímetro, os valores da sensibilidade do padrão  $S_r$  e o ganho do amplificador do padrão  $G_r$  são conhecidos, pois são as referências para a calibração, e tendo dois valores desconhecidos: a sensibilidade do desconhecido  $S_d$  e o ganho do amplificador  $G_d$ . Na prática podem ocorrer os dois casos:

Calibração do conjunto desconhecido, onde quer se obter a sensibilidade do conjunto,  $S_d \times G_d$ ;

$$\text{Sensibilidade do Conjunto } (S_d \times G_d) = \frac{S_r \times G_r \times V_d}{V_r} \left( \frac{mV}{ms^{-2}} \right) \quad \text{eq. (2.9)}$$

Calibração do acelerômetro desconhecido, onde se precisa do valor de  $G_d$ .

$$\text{Sensibilidade do Acelerometro } (G_d) = \frac{S_r \times G_r \times V_d}{V_r \times G_d} \left( \frac{pC}{ms^{-2}} \right) \quad \text{eq. (2.10)}$$

Na calibração de medidores de vibração, que já fornecem o valor do nível de vibração em uma tela, por exemplo, calcula-se o nível indicado pelo acelerômetro padrão pela fórmula da equação 2.9 e, compara-se com a indicação do instrumento. Neste caso o resultado da calibração é o desvio entre as duas leituras. Caso a indicação do medidor seja em velocidade ou deslocamento, converte-se com a relação de  $2\pi f$  o valor lido pelo acelerômetro padrão.

$$\text{Aceleração } (a) = \frac{\text{Saida } (V)}{\text{Sensibilidade do Conjunto} \left( \frac{V}{ms^{-2}} \right)} = \frac{V_r}{S_r \times G_r} \quad \text{eq. (2.11)}$$

A norma ISO 8041 (1999) especifica testes elétricos, vibração e ambientais para verificar conformidade com as características especificadas. Também determina o método para calibração de sensibilidade. O propósito é assegurar consistência e compatibilidade de resultados e reprodutibilidade realizados com diferentes instrumentos que usam os métodos de medições em uma dada faixa de frequência, dada na ISO 2631-1 (1997) para avaliar a vibração percebida pelos seres humanos. Aplica-se para instrumentação de medição de vibração de mãos e braços e/ou vibração do corpo inteiro. Para outros métodos de medição as normas ISO 2631 (1997) e ISO 5349 -1 e 2 (2001) devem ser consultadas.

Um instrumento ou um conjunto podem ser verificados desde que preencham somente as exigências necessárias para medida de mão-braço ou vibrações de corpo inteiro debaixo de certas condições, por exemplo, na direção de z, contanto que o propósito seja declarado claramente e as exigências pertinentes cumpridas. Junto com análise espectral, são aplicadas as características próprias do filtro.



### 2.4.2 Incerteza do resultado da calibração ou da cadeia de medição

Toda calibração deve associar uma estimativa de incerteza de medição para o resultado reportado. A Ciência da Medição explica este assunto em numerosos livros e artigos técnicos sobre cálculo e incerteza de medição, mas atualmente a referência é o GUM (1998) e segundo este Guia, a incerteza do resultado da calibração leva em consideração duas componentes ou classes : aleatória (tipo A) e sistemática (tipo B). A incerteza aleatória, neste caso, é o desvio padrão dos valores obtidos nas medições da sensibilidade, ou das medições feitas pelo medidor de vibrações durante sua calibração. A incerteza sistemática engloba todas as incertezas dos equipamentos que fazem parte do sistema de calibração, como multímetro, acelerômetro padrão, gerador de sinais, etc.

De acordo com Stein (2005), a melhor descrição para as influências de vibrações está determinada no Anexo A da norma ISO 16063 - parte 1 (1998) que para “instrumentos de medições de vibração humana” usados para medir a influência de vibração de corpo inteiro e vibrações de mãos e braços, as declarações específicas de incertezas são dadas na CD/ISO 8041 (2005).

As principais partes distintas da cadeia de medição a serem calibrados são:

1. O sensor e o cabo de conexão (principalmente piezo-acelerômetro com uma baixa frequência de corte ou um acelerômetro capacitivo/resistivo/servo acelerômetro que tem uma resposta até DC);
2. Medidor de vibração humana como um instrumento específico ou computador dedicado baseado em um sistema de medição;
3. Calibrador de vibração, usado para calibrar toda a cadeia de medição. A incerteza relativa do calibrador é determinada pela calibração em laboratório metrológico e pelo fabricante e é conhecida como  $U_c$ ;
4. Os Itens 1 e 2 são normalmente calibrados como uma unidade. A incerteza relativa à cadeia de medição é conhecida como  $U_m$ ;

O calibrador e o medidor de vibração humana incluindo o acelerômetro são dois sistemas independentes. Conseqüentemente nenhuma correlação e influência é esperada. Assim a avaliação da medida de incerteza padrão  $U_M$  é a raiz da soma dos quadrados das incertezas relativas  $U_i$ , como mostra a equação 2.12 a seguir:

$$U_M = \sqrt{U_c^2 + U_m^2} \quad \text{eq. (2.12)}$$

## 2.5 VIBRAÇÃO NO CORPO HUMANO

Segundo Griffin (1990) o corpo humano é sensível a diversas influências externas, como luz, som, etc. Se for pensado como uma estrutura, os ossos seriam os elementos de suporte como as vigas e colunas de uma construção e os músculos seriam os “motores” que movimentam esta estrutura articulada. Dentro desta estrutura estão todos os demais órgãos, que podem ser comparados a elementos sólidos formando sistemas mecânicos, que reagem como qualquer outra estrutura a estímulos físicos externos (forças). Para fim de modelação matemática, “os elementos rígidos podem ser os ossos e os órgãos, e os elásticos a pele e os músculos.” Conforme visto, a vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. Portanto, o corpo humano possui uma vibração natural se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorrendo uma ressonância, que implica em amplificação do movimento. Esta energia vibratória é absorvida pelo corpo, devido à atenuação promovida pelos tecidos e órgãos.

A vibração é considerada um agente nocivo presente em várias atividades laborativas do nosso dia a dia, mesmo assim, como menciona Griffin (1990), não há norma que mostra de uma maneira simples como avaliar precisamente os efeitos conhecidos de vibração no corpo humano.

### 2.5.1 Vibração no ambiente de trabalho

Wada (1990; apud SANTOS, 2004) define ambiente de trabalho como um conjunto de fatores interdependentes, materiais ou abstratos, que atua direta e indiretamente na qualidade de vida das pessoas e nos resultados dos seus trabalhos. E, segundo Santos, 2004, um local de trabalho, seja um escritório, um laboratório, uma fábrica, um banco, deve ser sadio, seguro e agradável. O homem precisa encontrar aí condições capazes de lhe proporcionar o máximo de proteção e, ao mesmo tempo, satisfação no trabalho. Neste sentido, o ambiente de trabalho é composto de um conjunto de fatores, que podem ser agrupados em dois blocos, os quais abrangem fatores físicos e fatores organizacionais do ambiente de trabalho. É importante salientar que, não há uma hierarquização de importância, pois um ambiente de trabalho é, na verdade, produto da contribuição desses diversos fatores. Conforme foi definida anteriormente, a vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue

nenhum padrão determinado. O ambiente onde a vibração atua diretamente denomina-se ambiente vibratório.

## 2.6 VIBRAÇÃO OCUPACIONAL - ASPECTOS HISTÓRICOS

Os efeitos de vibração e de choque em seres humanos têm sido estudados por muito tempo. No começo do século 18, B. Ramazzini, em seu exame *do livro das doenças dos artistas e dos desenhistas*, descreveu resultados pós-morte dos efeitos da exposição à vibração mecânica experimentada por instrutores de cavalo "[...] tendo por resultado as entranhas estão sendo agitadas pela força da vibração e movidos quase completamente de sua posição normal [...]" (SAFETY LINE, 2005).

Maurice Raynaud, médico francês, foi o primeiro a descrever em 1862, os distúrbios vasculares observados em indivíduos expostos a vibrações de mãos e braços, em sua tese intitulada *Local asphyxia and symmetrical gangrene of the extremities* (VENDRAME, 2004). Quando as ferramentas de potência foram introduzidas nos anos de 1900, os operadores começaram a experimentar distúrbios vasculares nos dedos e nas mãos que envolveram algum prejuízo da circulação e branqueamento dos dedos. Isto foi chamado de fenômeno de Raynaud, ou a doença *vasospastic traumatic*, ou dedo branco, ou mais geralmente vibração-induzida de dedo branco. Observou-se primeiramente este problema entre os pedreiros quando substituíram malhos e martelos por brocas e martelos pneumáticos (SAFETY LINE, 2005). Em 1911, o trabalho pioneiro iniciado por Loriga, pesquisador italiano que descreveu a síndrome da vibração nos trabalhadores que operavam marteletes em pedreiras, correlacionando com o fenômeno de Raynaud, muitos pesquisadores têm estudado o assunto, o que resultou em milhares de artigos científicos a respeito das vibrações transmitidas às mãos e braços (NIOSH, 1997).

Em 1918, Alice Hamilton, pioneira no campo das doenças ocupacionais, avaliação e controle dos agentes causadores, também estudou os mineiros utilizando ferramentas manuais do tipo marteletes em pedreiras em Bedford, Indiana e descreveu uma anemia das mãos (FANTAZZINI, 2001 e VENDRAME, 2004). Sessenta anos depois, o National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH) repetiu o mesmo estudo no mesmo local e encontrou os mesmos resultados.

A introdução de moto-serras na indústria da madeira nos anos 50 conduziu a uma ocupação nova enquadrada no risco da doença da vibração. Nos anos 60 e 70, a síndrome da vibração foi associada com a gasolina utilizada em moto-serras no trabalho florestal.

Desde então, muitas outras profissões foram identificadas como "ocupações de riscos elevados", entre elas operadores de ferramentas pneumáticas, elétricas e diesel de mão; condutores de caminhões, ônibus, tratores e de equipamentos pesados; e mineiros.

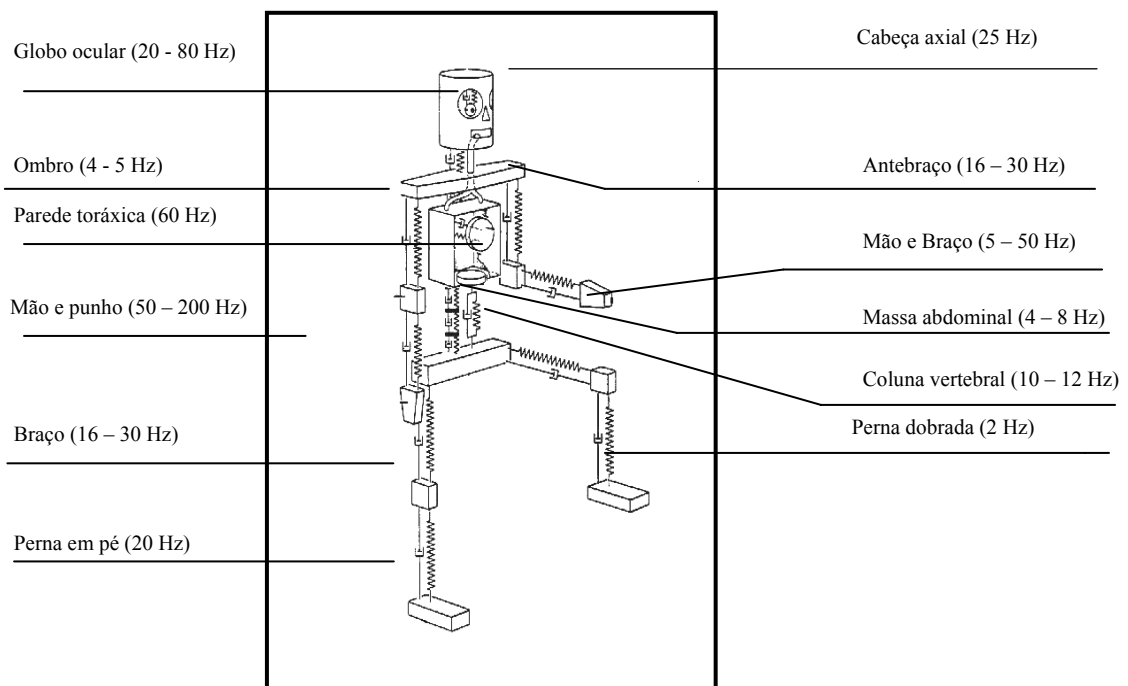
Em 1977, o International Labor Organization (ILO) listou a vibração como um perigo ocupacional e recomendou que:

[...]“as medidas e exames teriam que ser feitos para proteger empregados dos efeitos da vibração. As autoridades responsáveis teriam que estabelecer: critérios para determinar o risco; quando necessários, os limites da exposição devem ser definidos por meio destes critérios. A supervisão de empregados expostos ao perigo ocupacional em consequência da vibração em seus lugares do trabalho deve também incluir um exame médico antes do começo deste trabalho particular, como também acompanhamento em *check-ups* regulares” (ILO, 1977).

### **2.6.1 Características da vibração ocupacional**

Diferentemente de outros agentes físicos ou químicos, onde o trabalhador atua de forma passiva, na exposição ao risco, no caso de vibrações caracteriza-se pelo contato entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmita a vibração.

Todo processo industrial pode gerar esforços dinâmicos provocados pelo funcionamento de máquinas, veículos e manipulação de ferramentas produzindo vibrações que são transmitidas ao conjunto do organismo, mas de forma diferente, conforme as partes do corpo, as quais não são sensíveis às mesmas frequências. Em termos de biodinâmica, o corpo humano pode ser considerado como um sistema complexo formado por diferentes sub-sistemas, cujas massas estão unidas por elementos elásticos e amortecedores. Cada parte do corpo pode tanto amortecer quanto amplificar o movimento.



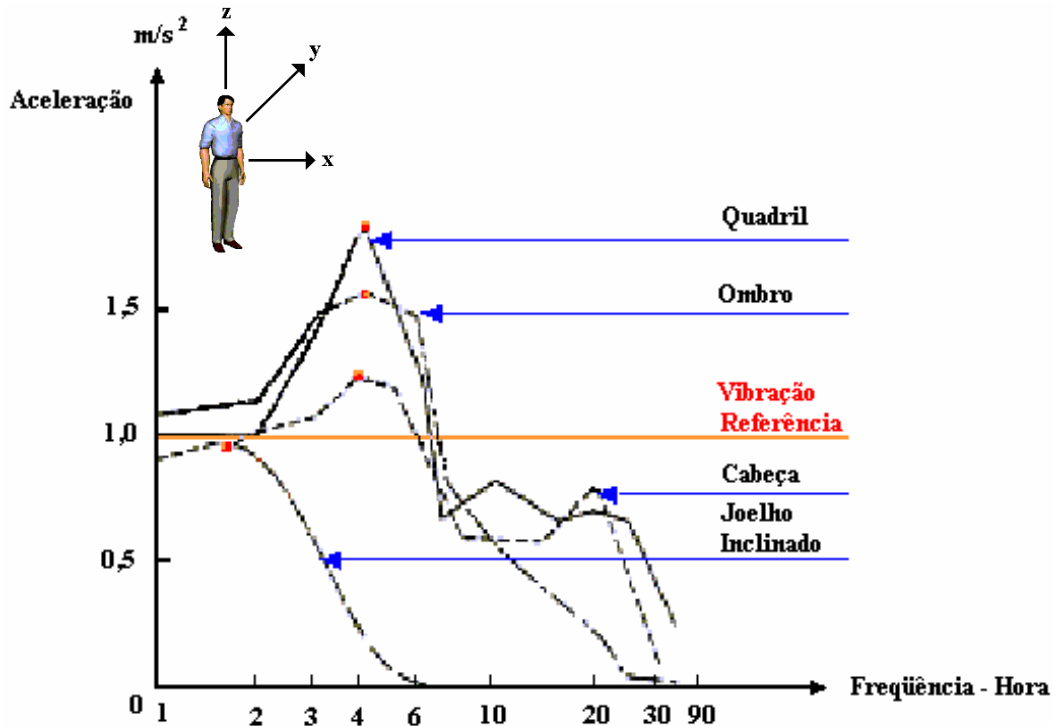
**Figura 8** - Sistema biomecânico representando o corpo humano de pé vibrando verticalmente.  
**Fonte:** B & K (1988)

### 2.6.2 Efeitos das vibrações sobre o organismo

As vibrações severas sofridas pelas mãos devido a ferramentas vibrantes, podem provocar danos neurológicos, circulatórios, modificação da força muscular e da destreza manual. Por outro lado, vibrações aplicadas em todo o corpo, como por veículos de transporte e pisos vibrantes, podem provocar ressonâncias nas vísceras e solicitar particularmente os músculos e o esqueleto (coluna vertebral). Diminuindo a precisão dos gestos e levando a ocorrer problemas de equilíbrio. Podendo ocorrer danos graves que são reconhecidos como doenças profissionais ou ocupacionais (SANTOS, 2004).

As doenças profissionais provocadas pelas vibrações transmitidas por certas máquinas-ferramenta e ferramentas manuais são indenizáveis (código 22 da Lista das Doenças Profissionais). Os efeitos da vibração direta sobre o corpo humano podem ser extremamente graves, podendo danificar permanentemente alguns órgãos do corpo humano. Nos últimos anos, diversos pesquisadores têm reunido dados sobre os efeitos fisiológicos e psicológicos das vibrações sobre o trabalhador, como perda de equilíbrio, falta de concentração e visão turva, diminuindo a acuidade visual e causando impotência. (MATOBA, 1994 apud FERNANDES; MORATA, 2002). As vibrações podem afetar o conforto, reduzir o rendimento do trabalho e causar desordens das funções fisiológicas, dando lugar ao

desenvolvimento de doenças quando a exposição é intensa. O homem apercebe-se das vibrações compreendidas entre uma fração do hertz (Hz) e 1000Hz, mas os efeitos diferem segundo a frequência. As conseqüências das vibrações no corpo humano dependem essencialmente de alguns fatores decisivos que são os seguintes: pontos de aplicação no corpo; frequência das oscilações; aceleração das oscilações; duração da ação; frequência própria e ressonância. As ampliações das vibrações ocorrem quando partes do corpo passam a vibrar na mesma frequência e, então, dizemos que entrou em ressonância. Cada sistema tem uma frequência própria. Quanto mais próxima a frequência excitadora chegar à uma frequência natural do sistema excitado, maior será a amplitude da oscilação forçada. Com isso, a amplitude da oscilação forçada pode vir a ser maior que a oscilação excitadora. A esta manifestação, como já se viu, chama-se de ressonância. De maneira inversa, em cada sistema as oscilações também podem ser diminuídas, fenômeno que se designa por amortecimento. Por exemplo, as oscilações verticais das pernas são significativamente amortecidas na posição de pé. É especialmente forte o amortecimento dos tecidos do corpo para as frequências de 30 Hz. Assim, com uma frequência de excitação de 35 Hz, as amplitudes das oscilações são reduzidas a metade na mão e no cotovelo e a um terço nos ombros. O corpo inteiro é mais sensível na faixa de 4 a 8 Hz, que corresponde à frequência de ressonância na direção vertical (eixo z). Na direção x e y, as ressonâncias ocorrem a frequências mais baixas, de 1 a 2 Hz. Os efeitos da vibração direta sobre o corpo humano podem ser extremamente graves, podendo danificar permanentemente alguns órgãos do corpo humano. As vibrações danosas ao organismo estão nas frequências de 1 a 80 Hz, provocando lesões nos ossos, juntas e tendões. As frequências intermediárias, de 30 a 200 Hz, provocam doenças cardiovasculares, mesmo com baixas amplitudes e, nas frequências altas, acima de 300 Hz, o sintoma é de dores agudas e distúrbios. A alteração no sistema cardíaco se manifesta com o aumento da frequência de batimento cardíaco. Alguns desses sintomas são reversíveis, podendo ser reduzidos após um longo período de descanso. Acima de 100 Hz, as partes do corpo absorvem a vibração, não ocorrendo ressonâncias, como mostrado na Figura 9.



**Figura 9** - Representação das ressonâncias corpo humano de pé vibrando verticalmente  
 Fonte: ISO 2361 (1997)

Segundo Harris; Crede (1961) o primeiro estudo quantitativo no assunto foi realizado por Goldmann e publicado em 1960. os efeitos da vibração sobre o corpo humano podem ser extremamente graves. Alguns exemplos desses efeitos são:

1- visão turva (distúrbios visuais)- o efeito das vibrações sobre a visão é de grande importância uma vez que o desempenho do trabalhador diminui, aumentando, assim, o risco de acidentes. As vibrações reduzem a acuidade visual e tornam a visão turva, ocorrendo a partir de 4 Hz;

2- perda de equilíbrio - os indivíduos que trabalham com equipamentos vibratórios de operação manual, tais como martelos pneumáticos e moto-serras, apresentam degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso. Simulando uma labirintite, além de lentidão de reflexos;

3- falta de concentração- efeitos psicológicos que levam a falta de atenção para o trabalho;

4- danificação permanente de determinados órgãos do corpo - os efeitos aparecem na forma de perda da capacidade manipuladora e do controle do tato nas mãos, conhecido, popularmente, por "dedo branco". Essas doenças são observadas, principalmente, em trabalhadores de minas e florestas (moto-serras à 50-200 Hz). os dedos mortos surgem no máximo após 6 meses de trabalho com uma ferramenta vibratória.

A ISO 2631-1 (1997) apresenta valores máximos de vibrações suportáveis para tempos de um minuto a 12 horas de exposição, abrangendo três critérios de severidade: limite de conforto, sem maior gravidade (ex: veículos de transporte coletivo); limite de fadiga, provocando redução da eficiência dos trabalhadores (ex: máquinas que vibram); limite de exposição, correspondente ao limiar do risco à saúde.

### **2.6.3 Danos à saúde causados pela exposição às vibrações**

A repetição diária das exposições a vibrações no local de trabalho pode levar a modificações doentias das partes do corpo atingidas. O tipo de doença é diferente para as duas partes do corpo mais sujeitas às vibrações e as oscilações verticais, que penetram no corpo que está sentado ou de pé sobre bases vibratórias como em veículos, levam preferencialmente a manifestações de desgaste na coluna vertebral; as oscilações de ferramentas motorizadas geram majoritariamente modificações doentias nas mãos e braços; as conseqüências das vibrações mecânicas transmitidas a todo o corpo refletem-se sobretudo ao nível da coluna vertebral com o aparecimento de hérnias, lombalgias, etc e podem ser classificadas em duas categorias correspondentes a duas classes de freqüências vibratórias:

- as vibrações de muito baixas freqüências (inferiores a 1 Hz) - o mecanismo de ação destas vibrações centraliza-se nas variações de aceleração provocada no aparelho vestibular do ouvido, sendo responsáveis pelo "mal dos transportes" (*motion sickness*) que se manifesta por náuseas, vômitos e mal estar geral. Essa manifestação do mal do movimento (cinetose), ocorre no mar, em aeronaves ou veículos terrestres.
- as vibrações de baixas e médias freqüências (de alguns hertz a algumas centenas de hertz) - correspondem perturbações de tipos diferentes: - patologias diversas ao nível da coluna vertebral; - afecções do aparelho digestivo: hemorróidas, dores abdominais, obstipação; - perturbação de visão (diminuição da acuidade visual), da função respiratória e, mais raramente, da função cardiovascular; inibição de reflexos.



<b>EXEMPLOS DE EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÃO OCUPACIONAL</b>		
<b>Industria</b>	<b>Tipo de Vibração</b>	<b>Fonte Comum de Vibração</b>
Agricultura	Corpo inteiro	Tratores
Caldeira	Mão e braço	Ferramentas pneumáticas
Construção	Corpo inteiro Mão e braço	Veículos equipamentos pesados Ferramentas pneumáticas, Britadeiras
Corte de Diamante	Mão e braço	Ferramenta manual vibrante; Ferramenta pneumática
Silvicultura	Corpo inteiro Mão e braço	Tratores Moto serra
Fundição	Mão e braço	Talhador Vibrante
Fabrica de móveis	Mão e braço	Formão Pneumático
Aço e ferro	Mão e braço	Ferramenta manual vibrante
Madeira Serraria	Mão e braço	Serra motorizada
Maquinas ferramentas	Mão e braço	Ferramenta manual vibrante
Mineração	Corpo inteiro Mão e braço	Operação de Veiculo Furadeira de rochas
Rebitagem	Mão e braço	Ferramentas manuais
Borracha	Mão e braço	Ferramentas pneumáticas de montagem
Estamparia	Mão e braço	Equipamento de Estampagem
Estaleiros	Mão e braço	Ferramentas pneumáticas manuais
Fábrica de calçado	Mão e braço	Máquina de bater
Lavanderia - (Pedras)	Mão e braço	Ferramentas pneumáticas manuais
Têxtil	Mão e braço	Máquinas de costura, Teares
Transporte	Corpo inteiro	Veículos

**Quadro 1** - Tipos de Exposição de vibração ocupacional.

**Fonte:** CCHOS

A norma ISO 9996 (1996) apresenta uma classificação simples de movimento - e a sensibilidade humana (distúrbios) à vibração nas atividades e desempenho de tarefas. A magnitude dos efeitos das vibrações estão determinados por alguns tipos de fatores externos e de ordem pessoal dos trabalhadores.

<b>FATORES QUE INFLUENCIAM O EFEITO DE VIBRAÇÃO HUMANA</b>		
<b>Fatores Físicos</b>	<b>Fatores Biodinâmicos</b>	<b>Fatores Individuais</b>
Aceleração de vibração; Intensidade da vibração	Força de aperto - a firmeza com que o trabalhador segura o equipamento vibrante.	Controle do operador de ferramentas; Grau de experiência
Frequência de vibração; Espectro de frequências; Direção do movimento	Área de superfície, localização, e massa de partes da mão em contato com a fonte de vibração.	Taxa de trabalho da máquina; método de trabalho, operações continua ou intermitente
Duração de exposição de cada dia de trabalho	Dureza do material que esta em contato com as ferramentas manuais, por exemplo, metal em desbaste.	Habilidade e produtividade; Postura em que realiza as tarefas; Tensão e esforço que mantém no trabalho
Histórico profissional referente a anos de emprego envolvendo exposição à vibração	Posição da mão e braço relativos ao corpo	Susceptibilidade individual à vibração; Predisposição a patologias relacionadas com o sistema nervoso e circulatório
Estado das ferramentas de manutenção; características das ferramentas (peso, possibilidade de apoio, balanceada etc )	Textura da manivela – macia e flexível versus material rígido.	Hábitos: Fumo e uso de drogas. Exposição a outros agentes físicos e químicos, como fatores ambientais (umidade, temperatura, ruído etc )
Possibilidades de uso equipamentos de proteção incluindo luvas, botas e etc . Práticas de períodos de descanso do trabalho.	Histórico médico com relação ao organismo e principalmente aos danos nos dedos e mãos, particularmente ulceração	Doença ou dano anterior ao corpo e aos dedos e mãos. Constituição física (peso, altura, etc )

**Quadro 2** - Fatores que influenciam o efeito de vibração na mão

**Fonte:** Baseada em CCHOS e ISSL.

#### 2.6.4 Patologias das mãos e braços

É no sistema mão e braço que as conseqüências das vibrações são mais severas. Nas ferramentas motorizadas atingem-se altas acelerações oscilatórias nas mãos e articulações dos pulsos. Trabalhadores que usam há anos ferramentas motorizadas (ex. moto-serras ou martelos pneumáticos) e são submetidos a vibrações localizadas podem apresentar diversas patologias nas mãos e braços, tais como: "dedos mortos" - doença de Raynaud.

A exposição diária a vibrações excessivas durante vários anos pode originar danos físicos permanentes que resultam normalmente no denominado Síndrome dos dedos brancos, ou em lesões dos músculos e articulações do pulso e/ou do cotovelo. Elas manifestam-se através da degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso. Com isto, alguns dedos - normalmente o

dedo médio - ficam brancos até azulados, frios e "sem sentidos". Após algum tempo, os dedos voltam a ficar vermelhos e doloridos. Esta doença tem por base a contração espasmódica dos vasos sanguíneos é conhecida também como doença de Raynaud. Estas doenças são observadas em trabalhadores em minas, que utilizam perfuradoras leves a ar comprimido com altas frequências. Além disso, os trabalhadores florestais também são atingidos por estas doenças, pois trabalham muito com moto-serras com frequências de 50 a 200 Hz. Os "dedos mortos" surgem no máximo após seis meses de trabalho com uma ferramenta vibratória. Para isto, o frio parece ter uma grande importância. A doença surge mais nos países nórdicos do que nos países quentes. Supõe-se que o frio aumenta a sensibilidade dos vasos sanguíneos às vibrações e promove a constrição dos vasos. Em trabalhadores que usam ferramentas motorizadas com altas frequências, são observadas também perturbações da circulação e da sensibilidade. Como exemplo destas máquinas, podem referir-se as polidoras com 300 a 1.000 Hz. Surgem inchaços dolorosos com perturbações da sensibilidade nas mãos, que muitas vezes não são passageiras.

Segundo Taylor - Pelmeir, a evolução da doença nos seus devidos estágios em função da exposição diária, ao longo de meses, é o seguinte:

Os primeiros sintomas da síndrome são formigamento ou adormecimento leve e intermitente ou ambos, que são usualmente ignorados pelo paciente por não interferirem no trabalho em outras atividades. Mais tarde, o paciente pode experimentar ataques de branqueamento de dedos confinados, primeiramente as pontas. Entretanto, com a continuidade da exposição, os ataques podem se estender à base do dedo. O frio freqüente provoca os ataques, mas há outros fatores envolvidos, como mecanismo de disparo: a temperatura central do corpo, taxa metabólica, tônus vascular (especialmente de manhã cedo) e o estado emocional. Os ataques usualmente duram 15 a 60 minutos, mas nos casos avançados podem durar 1 ou 2 horas. A recuperação se inicia com um rubor, uma hipertemia reativa, usualmente vista na palma, avançando do pulso para os dedos. O quadro 3 indica as etapas consideradas de forma geral na progressão dos sintomas, assim como a influência do grau de severidade nas atividades laborais e sociais. Adaptação das escalas de classificação de Taylor-Pelmeir da proposta no Workshop de Estocolmo (1986), relativas ao grau de desenvolvimento do fenômeno Raynaud produzido por vibrações transmitidas nas mãos e braços.

<b>Classificação de vibração-induzida dedo branco (RAYNAUD) pelos estágios de Taylor-Pelmeir</b>			
<b>Estagio</b>	<b>Grau</b>	<b>Sinais e Sintomas</b>	<b>Interferência nas Atividades</b>
0		Nenhum	Nenhum
OT		Formigamento Intermitente	Nenhum
ON		Entorpecimento Intermitente	Nenhum
OTN		Formigamento e Entorpecimento	Nenhum
1	Médio	Empalidecimento de uma ou mais ponta dos dedos com ou sem Formigamento e Entorpecimento	Nenhum
2	Moderado	Empalidecimento de um ou mais dedos com Entorpecimento, normalmente somente durante o inverno	Interferência leve com atividades domestica e social; nenhuma interferência no trabalho.
3	Severo	Branqueamento Extenso com efeitos freqüentes durante o verão e o inverno	Interferência clara nas atividades domestica e social;
4	Muito Severo	Branqueamento Extenso da maioria dos dedos; efeitos freqüentes durante o verão e o inverno; ulceração do dedo	Mudança Ocupacional é necessária para evitar exposição de vibração adicional.

**Quadro 3** - Classificação de vibração-induzida pelos estágios de Taylor-Pelmeir

**Fonte:** Instituto de Seguridad e Salud Labora l (2000)

Nos casos avançados, devido aos repetidos ataques isquêmicos, o tato e a sensibilidade à temperatura ficam comprometidos. Há perda de destreza e incapacidade para a realização de trabalhos finos. Prosseguindo a exposição, o número de ataques de branqueamento reduz, sendo substituído por uma aparência cianótica dos dedos. Finalmente, pequenas áreas de necrose da pele aparecem na ponta dos dedos (acrocianose). A figura 10 a seguir mostra os efeitos das doenças causadas pela exposição excessiva das mãos às vibrações.



**Figura 10** - Doenças causadas pela vibração sobre as mãos

**Fonte:** Syndrome Vibration (NIOSH, 1997)

## 2.7 AVALIAÇÃO DAS VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS

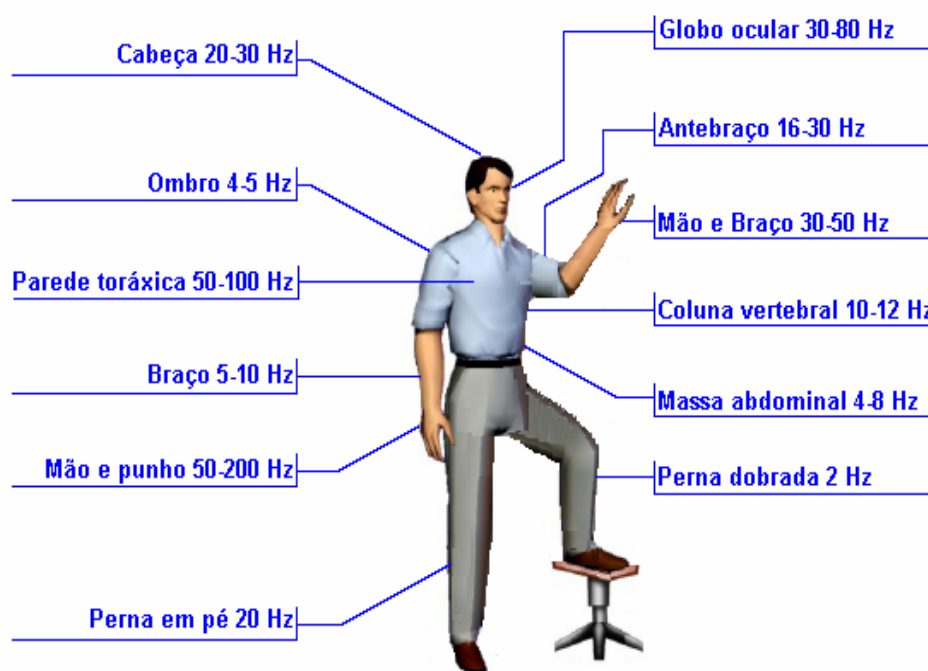
À medida que as técnicas de isolamento e redução da vibração vão se tornando parte integrante do próprio projeto das máquinas e preocupadas com o conforto e a segurança, a necessidade de proceder à medição e análise exata de vibração é cada vez maior.

O procedimento genérico para a avaliação das vibrações é similar à do ruído, conforme denominação a seguir:

1. Medir a aceleração em valores eficazes;
2. Ponderar a aceleração em função das frequências, no sentido de tomar em consideração as características e reações do organismo humano
3. Considerar a exposição diária a que os trabalhadores estão sujeitos;
4. Comparar os valores ponderados com os estabelecidos pelas normas e/ou outros estudos cientificamente fundamentados.

A vibração humana pode afetar o corpo inteiro ou apenas parte do corpo, como as mãos e os braços. As vibrações transmitidas ao corpo humano podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a região do corpo atingida:

- vibrações de corpo inteiro (VCI).
- vibrações de mãos e braços (VMB).



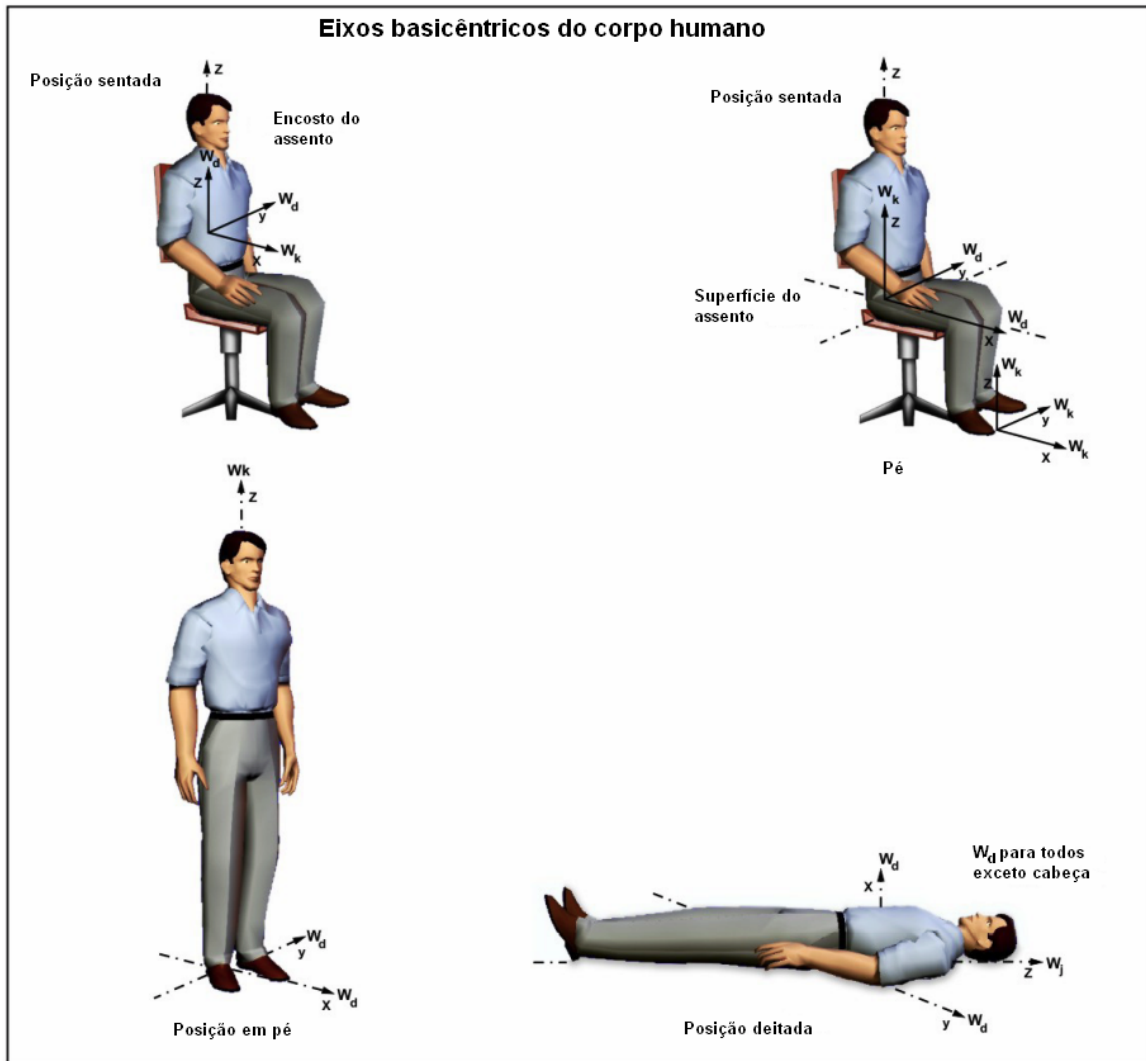
**Figura 11** - Esquema básico de sistema biodinâmico.  
**Fonte:** Adaptado de Vendrame (2004) e CCHOS (2005)

### 2.7.1 Vibrações de corpo inteiro (1 a 80 hz)

As vibrações de afetam o corpo inteiro (VCI) são de baixa frequência e alta amplitude, situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. A VCI acontece quando há uma vibração dos pés (posição em pé) ou do assento (posição sentada). Estas vibrações ocorrem mais particularmente nas atividades de transporte e vibrações transmitidas por máquinas industriais e são normatizadas pela ISO 2631- parte1 (1997). Na realidade, as vibrações transmitem-se ao organismo segundo três eixos espaciais ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), com características físicas diferentes, e cujo efeito combinado é igual ao somatório dos efeitos parciais, tendo ainda em conta as partes do corpo a elas sujeitas. Uma exposição prolongada a esta ação conjunta de vibração pode adversamente afetar diretamente as condições de conforto, a eficiência com a diminuição da capacidade motora. Como a vibração é um movimento, que não pode ser definida só por um número, como o nível de som. É necessário definir a direção e o sentido do movimento.

Tomando o corpo humano como referência, denominamos de direção  $z$ , o eixo que passa pela coluna vertebral, sendo o sentido positivo para cima, e sentido negativo para baixo, quando ocorre a sensibilidade às vibrações longitudinais. A sensibilidade transversal ocorre a partir do peito, aproximadamente no ponto onde está o coração, para o eixo  $x$ , paralelo ao solo, com sentido positivo para frente e também da esquerda para a direita, na direção dos braços estendidos, temos o eixo  $y$ , que tem sentido positivo para a direita.

A direção e o sentido do movimento da vibração são definidos por três variáveis: a frequência; a aceleração máxima sofrida pelo corpo e pela direção do movimento, que é dada em três eixos:  $x$  (das costas para frente),  $y$  (da direita para frente para esquerda) e  $z$  (dos pés para a cabeça), conforme mostra a figura 12. Em cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência, ou seja, para determinada frequência, a aceleração tolerável é definida daquela em outra frequência.



**Figura 12** – Eixos basicêntricos do corpo humano  
**Fonte:** Vendrame (2004)

### 2.7.2 Vibrações de mãos e braços ( 6,3 a 1250 Hz).

As vibrações de mãos e braços (VMB), também conhecidas como segmentais, localizadas ou de extremidades, são as mais estudadas, situam-se na faixa de 6,3 a 1250 Hz, ocorrendo nos trabalhos com ferramentas manuais e são normatizadas pela ISO 5349- parte1 e parte 2 (2001). Como na VMB o ponto de contato são as mãos, embora a vibração se amorteaça pelo conjunto mão-braço-ombro, de forma que pode ser considerado, aproximadamente como um sistema independente e separado do resto do corpo, seria arriscado supor que todos os efeitos da VMB se limitam sempre aos membros superiores. Bem, considerando somente a vibração nas mãos de acordo com os referenciais específicos, que apresenta a norma ISO 5349-1 (2001).

Como já comentada, a aceleração, é a rapidez com que a velocidade varia. Sempre é preciso, definir a vibração considerando três informações:

- 1) sua direção de atuação: x, y ou z;
- 2) sua frequência = ciclos /segundo ou hertz;
- 3) sua intensidade (amplitude) como a aceleração, metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).

Por exemplo, as mãos de uma pessoa estão submetidas a uma aceleração de baixo para cima, sofrendo uma amplitude de aceleração no sentido do eixo z, com uma determinada frequência, onde a aceleração pode ser mais alta ou mais baixa, e por isto é preciso medi-la também, conforme obsevou Maeda; Dong (2004).

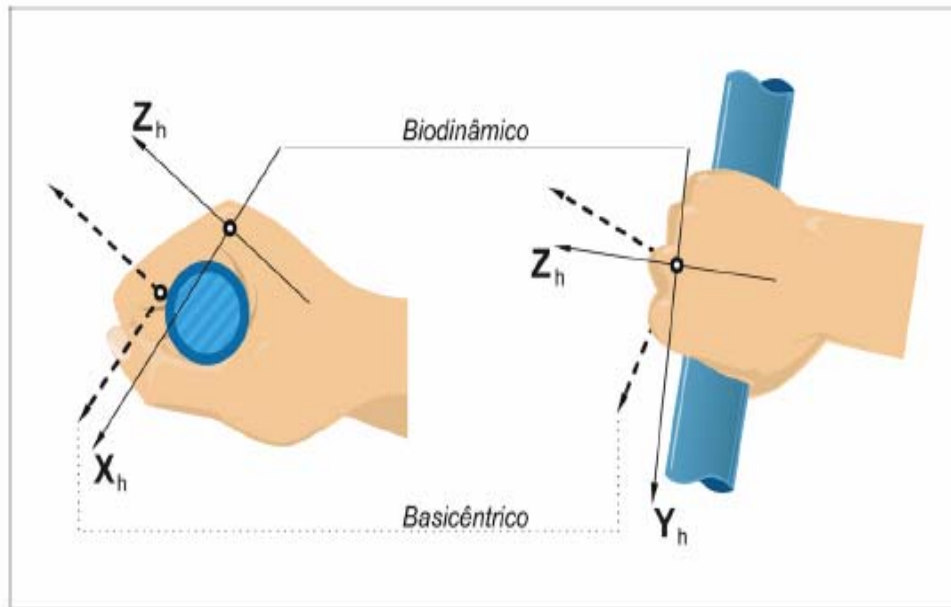
Os efeitos nocivos da vibração no ser humano, além desses fatores, dependem do tempo de exposição. Segundo Duarte *et al*, (2005) outros aspectos como índice de massa corporal, atividade laborativa, gênero, faixa etária, localização etc... também influenciam no aparecimento de patologias do trabalho, na segurança, saúde e o bem estar dos empregados. Cada segmento do corpo humano possui resposta específica à vibração, em função da frequência, além do que, raramente é unidirecional, daí porque a necessidade de estabelecimento de eixos para mensurar a exposição. Para vibração de corpo inteiro, como já visto, o sistema de coordenadas tem centro no tronco e para a vibração de mãos e braços há dois sistemas:

Para a vibração de mãos e braços há dois sistemas:

- o basicêntrico, localizado na interface entre a manopla e a mão;
- o biodinâmico, com centro no terceiro osso metacarpiano da mão.

Na prática, o sistema basicêntrico é utilizado para avaliar a vibração no equipamento e, o sistema biodinâmico, cuja avaliação é realizada no 3º metacarpiano da mão, considera o efeito final no membro.





**Figura 13** – Sistema ortogonal de coordenadas para mãos e braços  
**Fonte:** Vendrame (2004) e CCHOS (2005)

### 2.7.3 Medidas técnicas de prevenção

Segundo observações de Ximenes; Mainier (2005b) a primeira providência em relação às medições e medidas de prevenção das vibrações é tentar reduzi-las junto à fonte, devendo ser estudadas particularmente as vibrações que provocam ressonâncias. Em alguns casos, as vibrações também podem ser eliminadas por meio de lubrificações e manutenções periódicas das máquinas e equipamentos, ou colocando-se calços de borracha como amortecedores de vibrações. O controle de vibrações na origem é geralmente eficiente, mas pode não ser realizável se requerer novo projeto do equipamento ou mesmo uma modificação ergonômica que venha a ser onerosa. Quando não for possível se eliminar a fonte de vibração esta pode ser isolada, para que o trabalhador não entre em contacto direto com ela. Esse isolamento pode ser feito pela distância, afastando-se a fonte ou usando-se algum tipo de material isolante para redução do efeito gerado pela fonte de vibrações. Uma forma parcial de isolar a fonte é conseguida evitando-se as pegas (manoplas) muito apertadas, sempre que não for necessário evitar transmitir força para as ferramentas manuais.

Assim, quando não se pode agir sobre os esforços excitadores é necessário atuar sobre a transmissão e a regra fundamental é combater prioritariamente o estado de ressonância. É possível conseguir o controle de vibrações através de alterações no percurso da transmissão, basicamente por 3 processos:

- redução das vibrações na origem;
- diminuição da transmissão de energia mecânica a superfícies potencialmente irradiantes;
- redução da amplitude de vibração das superfícies irradiantes anteriormente referidas.

A primeira suprimindo o meio transmissor, separando uma cabine de uma estrutura vibrátil, anteriormente solidárias. A redução da transmissão de energia vibratória realiza-se com montagens antivibratórias, através da introdução de elementos resilientes, tais como molas ou apoios em borracha (ou ainda em fibra de vidro ou cortiça); tratamento de amortecimento dos elementos estruturais que compõem o percurso de transmissão, de modo a absorver parte da energia vibratória produzida. A redução da amplitude das vibrações de superfícies irradiantes pode ser obtida através da adição de massas a essas superfícies ou amortecimento.

No ambiente industrial é freqüente a simultaneidade entre ruído e vibrações, no entanto, os efeitos que estes dois agentes podem causar aos trabalhadores são diferentes. O ruído desenvolve a sua ação fundamentalmente em relação a um órgão, o ouvido, enquanto as vibrações afetam zonas mais extensas do corpo, inclusive a sua totalidade.

#### 2.7.3.1 Proteção do trabalhador

Se as providências anteriores não forem suficientes, pode-se proteger o trabalhador individual com certos equipamentos como calçados, luvas, proteção de punho, isoladores de vibração, sistemas de suspensão e assentos antivibratórios, que ajudam a absorver as vibrações. O uso desses equipamentos de proteção individual deve ser cuidadosamente considerado, pois a maioria dos trabalhadores não gosta de usá-los e eles costumam ser eficientes apenas em determinadas freqüências de vibrações. Os EPI são projetados para reduzir a transmissão da vibração ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço. É importante considerar que, é recomendável em alguns casos a utilização desses equipamentos, porque ainda não há projetos adequados que garantam a eliminação do risco.

## 2.8 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO HUMANA AS VIBRAÇÕES

### 2.8.1 Método básico da aceleração ponderada em r.m.s

É considerado o método básico para avaliação da exposição humana as vibrações de corpo inteiro, este método responde pelo conteúdo de frequência, e é calculado como:

$$a_p = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_p^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{eq. (2.12)}$$

onde:

$a_p(t)$  aceleração ponderada [m/s<sup>2</sup>] ou [rad/s<sup>2</sup>];

$T$  duração da medição [s].

Na situação onde a vibração é passageira, isto é, de duração curta causada por choques, o valor r.m.s subestima a vibração, nesse caso é usado a relação do valor de pico máximo dividido pelo rms, denominado fator de crista, que dá uma noção de quanto impulsivo é um sinal e descrevendo melhor a vibração.

A norma recomenda vários métodos de cálculo da aceleração ponderada  $a_p(t)$  dependendo das características de vibração. Para os tipos de vibrações que contêm choques, quando o fator de crista for maior do que 9, e recomendado usar métodos de avaliação adicionais como o método r.m.s ou o método da dose de quarta potencia ou método de dose de vibração. Se o fator de crista for abaixo ou igual a 9, o método de avaliação básico normalmente é suficiente.

### 2.8.2 Método R.M.S. (*Root Mean Square*) ou Método A(8)

Este método leva em conta choques ocasionais e vibração transiente usando um tempo constante de curta integração. O valor da aceleração medido usa unidades em m/s<sup>2</sup>, sendo normalizado para 8 horas [m/s<sup>2</sup> A(8)] ou A(8). O método A(8) produz uma exposição cumulativa usando uma aceleração media ajustada para representar um dia de trabalho de 8

horas. Então, através da equação 18 calcula-se, pelo método rms, a aceleração ponderada em frequência:

$$a_p(t_0) = \left[ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} (a_p(t))^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{eq. (2.13)}$$

onde:

$a_p(t)$  aceleração ponderada em frequência instantânea

$\tau$  tempo de integração (normalmente recomenda-se  $\tau$  de 1 segundo)

$t$  tempo (variável de integração)

$t_0$  tempo de observação (tempo instantâneo)

### 2.8.3 Método da Dose de Vibração

Este método é mais sensível a picos que o método de avaliação básico, porque usa a quarta potência em vez de segunda potência do histórico de aceleração.

O valor da dose de vibração (VDV) de quarta potência é expresso em  $\text{m/s}^{1.75}$  ou  $\text{rad/s}^{1.75}$ .

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_p(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}} \quad \text{eq. (2.14)}$$

onde:

$VDV$  Valor da dose de vibração

$a_p(t)$  aceleração ponderada em frequência instantânea

$T$  duração da medição

$\int_0^T$  integral de zero para T segundos.

No caso quando a exposição consistir em dois ou mais episódios, o valor total é calculado como segue:

$$VDV_{total} = \left( \sum (VDV_i)^4 \right)^{\frac{1}{4}} \quad \text{eq. (2.15)}$$

Neste caso, a norma só dá orientação na probabilidade de qualquer efeito adverso em humanos que correspondem a qualquer medição de exposição de vibração de corpo inteiro. A norma ISO 2631 – 1 (1997) recomenda métodos particulares para calcular o  $a_p(t)$  (de aceleração ponderada) dependendo das características de vibração.

VDV	A(8)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dá um nível cumulativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dá um nível médio</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensível para choque e abalos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insensível para choque e abalos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhor medição disponível para comparar risco de veículos potencialmente satisfatórios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inadequado para comparações de risco de veículo quanto a choque e abalos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouco conhecido em vibração de mão-braço</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De uso familiar em vibração de mão-braço</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Não experimentado em relação à dose de resposta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não é ideal para realizar relação de dose de resposta.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Não experimentado em relação à dose de resposta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não é ideal para realizar relação de dose de resposta</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Boa correlação com conforto subjetivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser um guia para conforto subjetivo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>VDV mínimo facilmente estimado de dados de padrão de trabalho e dados de vibração fornecidos pelos fabricantes é representativo das condições do local de trabalho. Mas o VDV será mais alto se medição de precisão é requerida, que será necessária quando houver choques e abalos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculado prontamente de dados do padrão de trabalho e dados de fabricantes, e é representativo das condições do local de trabalho</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Escolha rápida de instrumentos disponível para medições</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alguma demora na escolha de instrumentos disponível para medições</li> </ul>

**Quadro 4** Comparação das características fundamentais de VDV e A(8)

Fonte: HSE

Conforme mostrado anteriormente no quadro 4 de Comparação de A(8) e VDV, o método A(8) representa os níveis fixos de vibração razoavelmente preciso mas dá uma má representação de choques e abalos, enquanto o VDV dá uma boa representação de ambos os níveis de vibração fixos, choques e abalos.

## 2.8.4 Efeitos na saúde, conforto e percepção

### 2.8.4.1 Efeitos na saúde

Para determinar os efeitos de exposição à vibração na saúde, a aceleração ponderada r.m.s. na faixa de frequência de 0,5 a 80 Hz, de vibração periódica, aleatória ou transiente que é transmitida através de assento ao corpo sentado, tem que ser calculado para cada eixo  $x$ ,  $y$  e  $z$  e o mais alto aceleração de frequência ponderada considerada para avaliação. Para uma pessoa sentada, deveriam ser incluídos nos cálculos os fatores multiplicadores adicionais,  $k$ :

- para o eixo  $x$  e eixo  $y$   $P_{xy}, k = 1,4$
- para o eixo  $z$   $P_z, k = 1$

Para a avaliação de efeitos na saúde, podem ser usadas duas relações diferentes. A primeira relação é apresentada a seguir:

$$a_{p1} (T_1)^{1/2} = a_{p2} (T_2)^{1/2} \quad (\text{Equação 1}) \quad \text{eq. (2.16)}$$

onde,

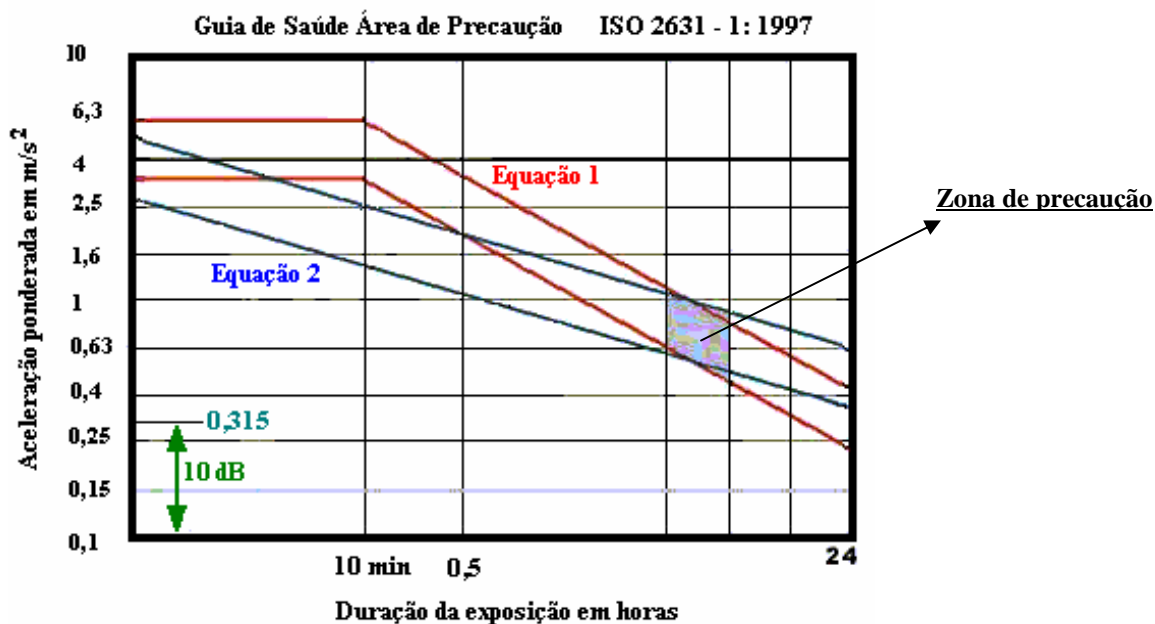
$a_{p1}, a_{p2}$  aceleração r.m.s ponderada em frequência, valores para a 1ª e 2ª exposição.

$T_1, T_2$  durações correspondentes para a 1ª e 2ª exposição.

Na segunda relação, temos:

$$a_{p1} (T_1)^{1/4} = a_{p2} (T_2)^{1/4} \quad (\text{Equação 2}) \quad \text{eq. (2.17)}$$

A ilustração na figura 14 mostra a orientação da zona de precaução da saúde que é indicada através de linhas vermelhas para **equação 1** e linhas azuis para **equação 2**. Para exposição abaixo da zona os efeitos de saúde não são claramente documentados. Dentro da zona existe um risco potencial a saúde e sobre a zona o risco de saúde é provável. Para uma exposição entre 4h e 8h é a zona de precaução é a mesma para ambas as equações.



**Figura 14** - Guia de saúde - zona de precaução

Fonte: Adaptado da ISO 2631: 1997

#### 2.8.4.1.1 Redução do Tempo de Exposição

Como foi mostrado anteriormente, admite-se que a equivalência, quanto aos efeitos produzidos, entre duas exposições de diferentes acelerações r.m.s. ponderadas em frequências,  $a_{p1}$  e  $a_{p2}$  que atuam durante tempos diferentes  $T_1$  e  $T_2$ , pode relacionar-se mediante a equação 1 (eq. 2.16). Desta expressão se deduz a forma imediata que ao duplicar o valor da aceleração r.m.s. ponderada em frequência, o valor do tempo de exposição deve reduzir-se a quarta parte para que o efeito possa considerar-se equivalente. E assim, levando em conta a forma de interação da vibração com o organismo, para trabalhos contínuos devem estabelecer-se a intervalos regulares, períodos de descanso, ou de não exposição. Como dado orientativo, se recomenda cessar a exposição durante 10 minutos por cada hora de trabalho.

#### 2.8.4.2 Efeito de Conforto

Também são avaliados os efeitos de vibração no conforto de uma pessoa exposto à vibração periódica, aleatória ou transiente que são avaliadas na faixa de frequência de 0.5 a 80 Hz. As frequências ponderadas usadas são  $P_c$  (parte de trás do assento),  $P_{xy}$  (eixo de x,y),  $P_e$

(rotacional),  $P_j$  (debaixo da cabeça de uma pessoa encostada) e  $P_z$  (eixo de z). Estas ponderações deveriam ser usadas juntas com os seguintes fatores multiplicadores:

Para o eixo de x,y:  $P_{xy}$ ,  $k=1$  e Para o eixo de z:  $P_z$ ,  $k=1$ ,

Quando se avaliar os efeitos de conforto todas as direções de vibração relevantes devem ser incluídas e o valor total de vibração obtida:

$$a_p = (k_x^2 a_{px}^2 + k_y^2 a_{py}^2 + k_z^2 a_{pz}^2)^{1/2} \quad \text{eq. (2.18)}$$

$a_{px}$ ,  $a_{py}$ ,  $a_{pz}$  acelerações r.m.s. ponderada para os eixos de x,y,z respectivamente;

$k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  fatores multiplicadores para os eixos de x,y,z respectivamente.

O valor global da aceleração r.m.s de frequência ponderada pode ser comparada então com a seguinte orientação na tabela 2 a seguir:

<b>Tabela 2 - Efeitos no conforto de uma pessoa exposta às vibrações</b>	
<b>Limites de Conforto</b>	
<b>Efeitos</b>	<b><math>a_{(p)}</math> (<math>m/s^2</math>)</b>
sem incômodo	$< 0.315$
um pequeno incômodo	$0.315 < a_p < 0.63$
bastante incômodo	$0.5 < a_p < 1$
incômodo	$0.8 < a_p < 1.6$
muito incômodo	$1.25 < a_p < 2.5$
Extremamente incômodo	$a_p > 2.5$

**Fonte:** SafetyLine Institute (1998)

Antes de fazer comparação é importante se lembrar que as reações para as várias magnitudes de vibrações dependem de vários fatores como expectativas de conforto, aborrecimento e tolerância.

#### 2.8.4.3 Efeito de Percepção

Para a avaliação de efeitos de percepção a aceleração r.m.s ponderada deveria ser determinada na faixa de 0,5 - 80 Hz em cada eixo e o valor mais alto usado na avaliação.



A ponderação e os fatores multiplicadores usados foram:

Para o eixo de x e y,;  $P_{xy}, k = 1$

Para o eixo de z:  $P_z, k = 1$

#### 2.8.4.3.1 Dose para Movimento de Enjôo

Para avaliar o valor da dose do movimento de enjôo, a aceleração de r.m.s ponderada é determinada para eixo z sobre a faixa frequência de 0,1 - 0,5 Hz. Uma única frequência ponderada  $P_f$  é recomendada (veja tabela 3 e ilustração das curvas da frequência ponderada para principais ponderações).

Há dois métodos alternativos de calcular o valor da dose do movimento de enjôo:

1. Medição considerando o período de exposição completa

$$MSDV_z = \left\{ \int_0^T [a_p(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{eq. (2.19)}$$

$MSDV$       valor do movimento de enjôo  
 $a_p(t)$       aceleração ponderada em frequência na direção z  
 $T$               período total de tempo (em segundos) que o movimento ocorreu

2. Se a exposição de movimento é contínua e de magnitude relativamente constante

$$MSDV_z = a_p T^{1/2} \quad \text{eq. (2.20)}$$

Em razão de existirem grandes diferenças na suscetibilidade de indivíduos para os efeitos de oscilação de baixa-frequência, a equação seguinte só deve ser usada como orientação:

$$\text{Porcentagem (\%)} \text{ das pessoas que podem vomitar} = k_m \cdot MSDV_z$$

Sendo que  $k_m$  é uma constante que varia de acordo com a população exposta (sexo, idade, experiência, etc). Para uma população misturada de adultos e não adultos, o valor adequado de  $k_m = 1/3$ .

## 2.9 DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ESTUDO DE VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS

Segundo Rossi; Tomasini (1994), a metodologia baseada em um vibrômetro de escaneamento a laser, que realiza medições de vibrações, sem contato, em um grande número de pontos de uma superfície, está sendo proposto como uma nova técnica de medição para analisar vibrações em mãos e braços. A técnica pode ser aplicada em testes de laboratórios e também para realizar testes em campo de ferramentas de vibrações guiadas manualmente, veículos, máquinas, luvas antivibratórias e etc. Esta técnica tem um grande potencial para analisar as características dinâmicas de mãos e braços, e portanto, desperta um grande interesse por ser dedicada ao monitoramento e avaliação dos níveis de vibrações no corpo humano.

No momento, várias normas internacionais impõem limitações dos níveis de vibrações no corpo humano. Também as diretrizes de maquinário, no âmbito da UE, impõem que os produtores de máquinas devem medir e declarar os níveis de vibração da máquina em condição de trabalho.

As normas ISO 5349 (2001) partes 1 e 2 discutem os aspectos gerais do problema e identificam os principais parâmetros que necessitam ser medidos, a metodologia de medição que pode ser implementada e a maneira que os resultados devem ser interpretados. Estas normas focalizam os procedimentos de medição, mas não especifica qualquer limitação ao nível de vibração. A maioria das normas são implicitamente orientadas para a aplicação de transdutores intrusivos, como por exemplo os acelerômetros, para medição de vibrações em partes do corpo. Assim os transdutores robustos afetam os resultados das medições, devido a sua massa sobre o tecido (pele) humano. Desta maneira o dispositivo usado para instalar os transdutores na superfície vibrante ou no corpo humano, onde encontra-se valores máximos, isto é, no contato da interface entre o homem e a superfície vibrante ou em um ponto mais próximo possível. Assim em muitos casos aproximar não é prático, é sim, importante pressioná-lo para medir também força de contato e campos de pressão, juntos com o fluxo de energia transferida da superfície ao tecido humano. Por não se ter o conhecimento de normas

elaboradas para atender os requisitos técnicos para medição desta natureza, no momento torna-se muito difícil a realização das mesmas, sendo necessário a recomendação de procedimentos específicos que atenda a todas as essas especificidades. Por esta razão, novos métodos ópticos baseados em vibrometria a laser, que não contribuem como o acelerômetro com a massa e a força aplicada na fixação, é proposto para melhor analisar vibrações humanas para superar os limites dos acelerômetros, e desta forma resultando em avaliações com mais exatidão.

A União Européia concluiu recentemente em 2000, um projeto de pesquisa (DOPTTEST) que estudou a forte relação entre a força de aperto, a vibração da ferramenta, a vibração da mão e braço e o começo de distúrbios vasculares nos dedos. Neste projeto, a distribuição espacial da força de contato foi correlacionada com a distribuição da superfície da mão pela aplicação de um vibrômetro a laser.

Diferentes propostas de documentos pre-normativos e normativos estão sendo desenvolvidos para a normalização no campo de vibração mecânica e choque, incluindo: métodos para a redução dos riscos resultantes da exposição à vibração mecânica e choque por projetos de máquinas, métodos para medição e avaliação da vibração e choque da redução pelas características de equipamento de proteção individual (EPI), como luvas, isoladores de vibração, como proteção de punho e sistemas de suspensão, como assentos antivibratórios.

O desenvolvimento terá que direcionar o desempenho do sistema de medições, particularmente a resposta dinâmica e estabilidade temporal, como também aspectos ergonômicos. O que se tem como objetivo é o uso de matrizes de sensores para testes com intrusividade mínima e efetivamente aplicável para propósitos pré-normativos ou em apoio para normas futuras.

As principais pesquisas em curso e os temas em desenvolvimento, relativos ao campo de vibração de mão-braço, podem ser resumidos como: avaliação dos limites de percepção de vibração e efeitos de área de contato, associação de distúrbios vasculares a ferramentas manuais e níveis de vibração, distúrbios e associação à exposição de vibração, desenvolvimento de luvas de antivibração, aplicabilidade e atualização de legislação e normas, métodos e procedimentos para avaliar a interação do sistema de mão-braço / ferramenta.

### 3 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

#### 3.1 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL

##### 3.1.1 Normas ISO 2631 – Vibrações de corpo inteiro

A norma ISO 2631 (1997), considera vibrações periódicas, causais e transientes, não apresenta limites de exposição à vibração, limitando-se a definir um método para a avaliação de exposição à vibração de corpo inteiro, bem como indicar os principais fatores relacionados para se determinar o nível exposição à vibração que seja aceitável.

Um resumo de seus aspectos gerais é que:

- não impõe limites de exposição à vibração;
- fornecem guias para a verificação de possíveis efeitos da vibração na saúde, conforto, percepção e enjôo do movimento;
- estabelece que a vibração seja medida de acordo com um sistema de coordenadas que se origina no ponto onde a vibração se incorpora ao corpo humano;
- determina que os transdutores serão posicionados na interface entre o corpo humano e a fonte de vibração;
- utiliza o método básico da aceleração ponderada que é expressa em  $m/s^2$ .

O valor total da aceleração ponderada da vibração nas coordenadas ortogonais é calculado pela equação 18, considerando que:

$a_{px}, a_{py}, a_{pz}$                       aceleração r.m.s ponderada dos eixos de x, y, z, respectivamente

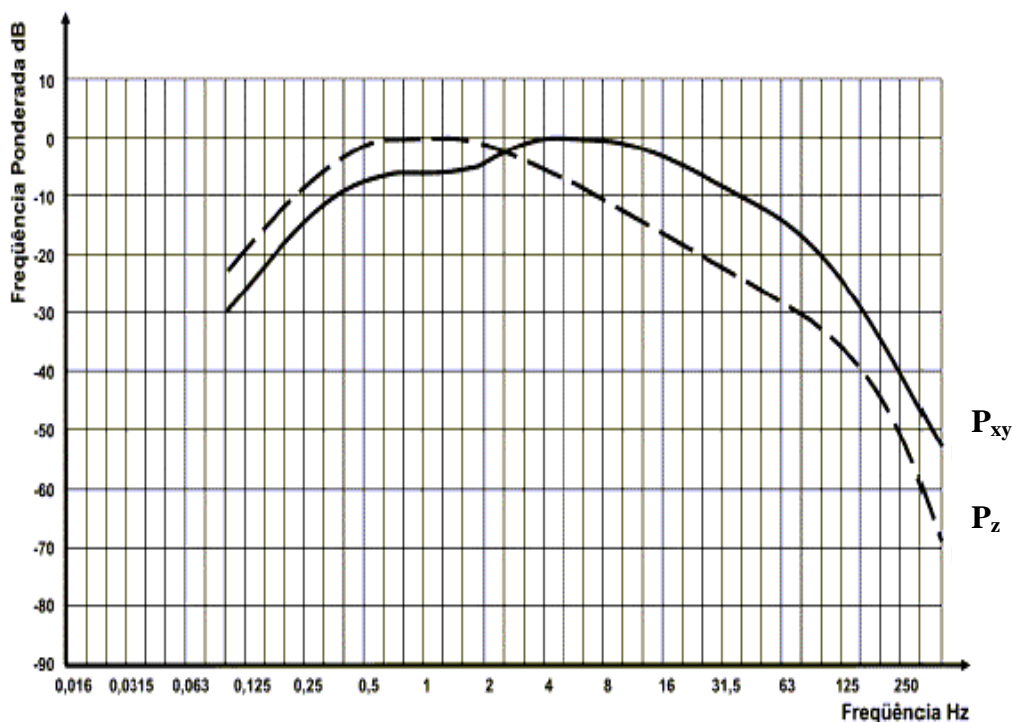
$k_x, k_y, k_z$                         fatores multiplicadores. ( $k_x$  e  $k_y = 1,4$  e  $k_z = 1,0$ )

assim, a aceleração combinada dos três eixos é dada por:

$$a_p = \sqrt{1,4 a_x^2 + 1,4 a_y^2 + a_z^2} \quad \text{eq. (3.1)}$$

A maneira pela qual a vibração afeta a saúde, ao conforto, a percepção e ao enjôo é dependente da frequência. Há influência de diferentes frequências para os diferentes eixos. As curvas de ponderação em frequências utilizadas são:

$P_z$ , para o eixo z                      e                       $P_{xy}$ , para os eixos x e y.



**Figura 15** - Curva de Frequência Ponderada  
**Fonte:** ISO 2631 (1997)

Os valores obtidos na avaliação devem ser comparados com o guia de saúde (zonas de precaução), contido no Anexo B da ISO 2631 (1997), reproduzido anteriormente na figura 14, onde a zona hachurada indica o potencial de risco à saúde. Sendo que, para exposições abaixo da zona hachurada, os efeitos à saúde não foram claramente documentados e/ou observados objetivamente e acima da zona hachurada indica-se prováveis riscos à saúde.

Os limites de exposição são também dependentes da classificação das áreas. Nas áreas especiais ou residenciais estes limites são mais restritivos por caracterizar um local de ausência de fontes de vibração. A ISO 2631 não faz discriminação entre áreas urbanas, rurais ou qualquer tipo de zoneamento. Embora, como pode ser observado na tabela 3 são encontradas informações sobre limites aceitáveis montados por períodos diurnos e noturnos. Os valores apresentados são os fatores de multiplicação.

Um caso interessante segundo Regazzi (1996) ocorre em hospitais. Nesses ambientes, em geral, não se deve avaliar o nível de incômodo para os limites mais restritivos. O fato é que evidências mostraram que os pacientes preferem sentir algum contato com o mundo exterior. Contudo, as áreas de operações e os laboratórios devem ser considerados áreas críticas.

**Tabela. 3** - Limites aceitáveis considerando os locais de exposição.

Local	Período	Vibrações contínuas, intermitentes e impulsivas repetidamente	Vibrações impulsivas com aproximadamente três ocorrências por dia
Sala de operações de hospitais e áreas críticas	Dia	1	1
	Noite	1	1
Sala de operações de hospitais e áreas críticas	Dia	1	1
	Noite	1	1
Residencial	Dia	2	16
	Noite	1,4	1,4
Escritório	Dia	4	128
	Noite	4	128
Oficina mecânica	Dia	8	128
	Noite	8	128

**Fonte:** Regazzi (1996)

### 3.1.2 Norma ISO 5349 – Vibrações transmitidas às mãos e braços

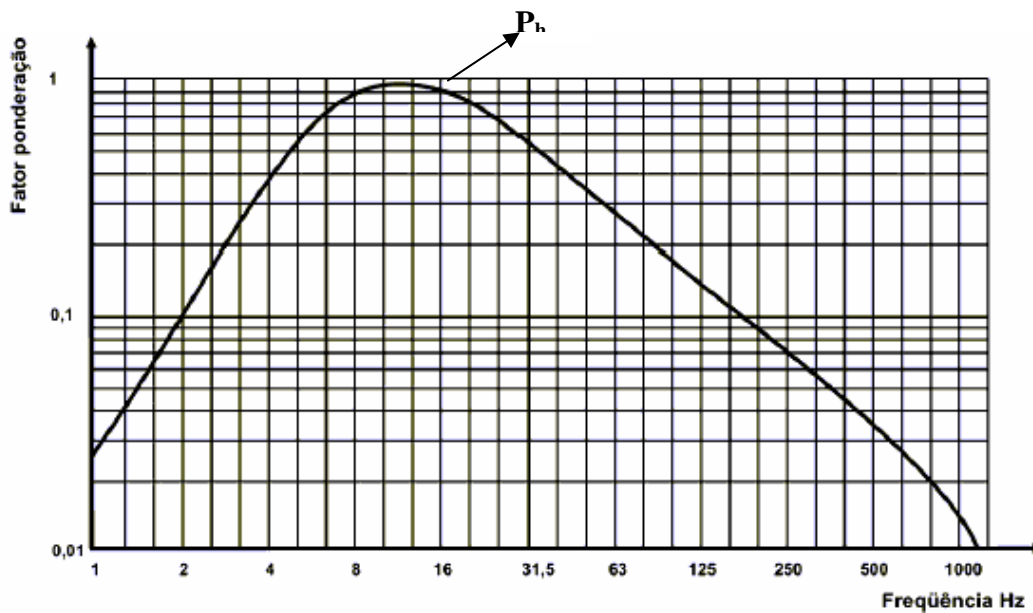
A metodologia especificada na ISO 5349 parte 1 e parte 2 (2001), consideram vibrações periódicas, causais e impulsivas (choques repetitivos), e enumera os fatores que influenciam os efeitos da exposição às vibrações transmitidas aos membros superiores, quais sejam:

- a) o espectro da frequência da vibração;
- b) a magnitude da vibração;
- c) a duração da exposição no período de trabalho;
- d) a exposição acumulada até a data.

A vibração transmitida para as mãos será medida e reportada para as três direções do sistema ortogonal de coordenadas definidas conforme anteriormente apresentadas na figura 2.13.

A vibração nas três direções deverá ser medida de preferência simultaneamente. Medição realizada seqüencialmente ao longo de cada eixo será aceitável, desde que a condição de operação seja similar para todos as três medições. A medição deve ser realizada na superfície vibrante tão perto quanto possível do centro da zona vibratória da máquina, ferramenta ou peça de trabalho. O acelerômetro deve ser fixado na empunhadura do equipamento, muito próximo da mão do operador, em condições de operação. Deve ser fixado de maneira a não influenciar o trabalho normal do operador.

A medição da aceleração em frequência média ponderada requer a aplicação de uma frequência ponderada e filtro de banda (TOMIAGA, 2004). A ponderação  $P_h$  reflete a suposta importância das diferentes frequências em causar danos às mãos e braços, figura 3.2 a seguir:



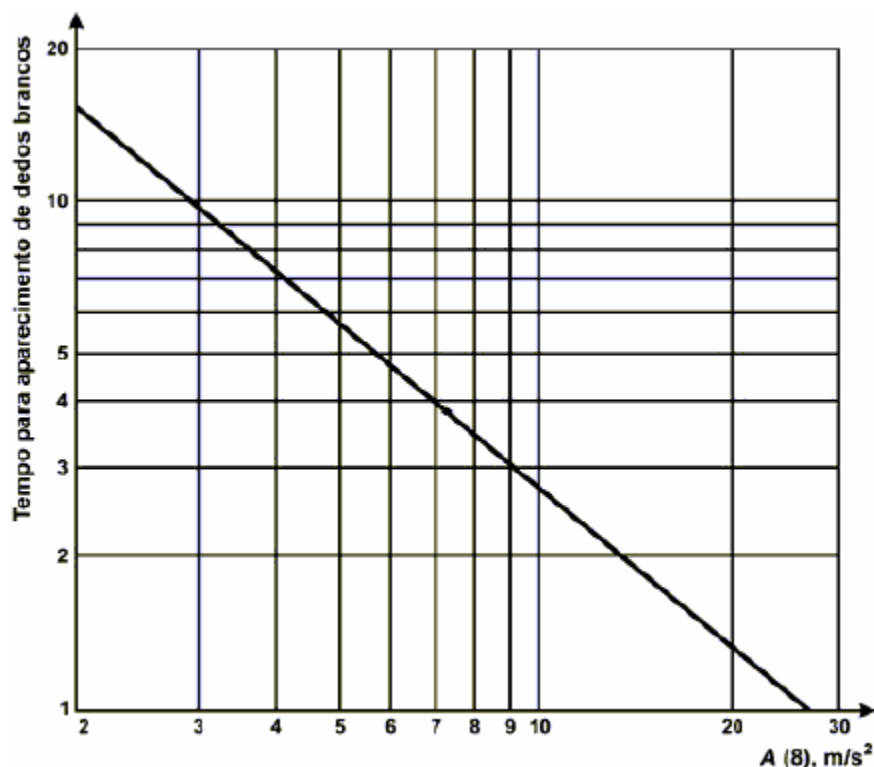
**Figura 16** - Gráfico frequência ponderada x filtros (Ponderação para mãos e braços)  
**Fonte:** ISO 5349 (2001)

A avaliação da exposição à vibração é baseada na quantidade combinada dos três eixos. Isto é, o valor total da aceleração de vibração,  $a_{hp}$ , para mãos e braços, é definido pela raiz média quadrática dos três valores componentes, conforme a equação 3.2.

$$a_{hp} = \sqrt{a_{hpx}^2 + a_{hpy}^2 + a_{hpz}^2} \quad \text{eq. (3.2)}$$

Os valores obtidos da avaliação de vibração ocupacional de mãos e braços, através do uso da equação do valor total da aceleração de vibração, devem ser plotados no gráfico a seguir, pelo eixo das abscissas até alcançar a reta do 10º percentil e, rebatidos para o eixo das ordenadas obtendo-se finalmente a estimativa em anos para o aparecimento dos dedos brancos.

Os estudos sugerem que os sintomas das vibrações de mãos e braços são raros em indivíduos expostos a  $A(8) < 2 \text{ m/s}^2$  e sem registro para  $A(8) < 1 \text{ m/s}^2$ .



**Figura 17** - Gráfico para avaliação de “dedos brancos”

As normas ISO 5349 parte 1 e parte 2 (2001) são consideradas bons documentos normativos em comparação com a ISO 2631 (1997), na verdade cobrem um campo mais limitado, onde foram alcançados maiores conhecimentos e experiência.

### 3.1.3 Limites da ACGIH para vibrações de mãos e braços

A avaliação das vibrações de mãos e braços deve ser realizada com base nos critérios da ISO 5349 de 1986. A mensuração deve ser realizada para cada eixo (x, y e z), por meio da aceleração ponderada, rms, correspondente ao eixo dominante. No entanto, a nova versão da ISO 5349 (2001), a ACGIH (1999) ainda utiliza em sua norma a ponderação em frequência da ISO 5349 (1986). Além do que, a relação dose resposta contida no anexo C é consistente com relação à dose resposta da norma anterior.

Os limites de tolerância da ACGIH (1999), para vibrações localizadas reproduzidos a seguir, referem-se aos níveis e tempos de exposição para os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, diariamente, sem evoluir para além do primeiro estágio da classificação de Estocolmo para o aparecimento dos “dedos brancos”



induzidos por vibrações. Na tabela 4 são apresentados os valores do componente de aceleração dominante em rms, em frequência ponderada, que não devem ser excedidos.

**Tabela 4** - Valores Limites de Tolerância (VLT) da ACGIH

<b>VLT PARA EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÃO NA MÃO NA DIREÇÃO X, Y, OU Z,</b>		
<b>Duração Total de Exposição Diária (Tempo de exposição em horas)</b>	<b>Valor Máximo de aceleração da frequência ponderada em qualquer direção</b>	
	<b>(m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>g (aceleração da gravidade)</b>
4 horas e menos de 8 horas	4	0,40
2 horas e menos de 4 horas	6	0,61
1 hora e menos de 2 horas	8	0,81
Menos de 1 hora	12	1,22

Fonte: ACGIH (1999)

### **3.1.4 Limites da ACGIH para Vibrações de corpo inteiro**

Para a vibração de corpo inteiro, a ACGIH (1999) utiliza como base a norma ISO 2631 de 1985 e não a última versão de 1997. Na versão de 1985, a norma definia três tipos de limites, os quais foram excluídos na versão atual. Porém, no prefácio da norma atual é citado que os limites anteriores eram seguros e preveniam efeitos indesejáveis.

Para estabelecer seu limite de tolerância, a ACGIH (1999) utilizou a experiência de vários estudos, chegando à conclusão de que os limites da ISO 2631 (2001) não eram suficientemente seguros; assim, optou por adotar os limites de proficiência reduzida por fadiga, que equivale à metade do limite de exposição.

Os valores obtidos, em cada eixo, devem sofrer uma análise espectral em bandas de terços de oitava. Os limites de tolerância da ACGIH (1999), para vibrações de corpo inteiro, referem-se aos níveis e tempos de exposição para os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, com o risco mínimo de dores ou efeitos adversos nas costas, ou incapacidade para operar adequadamente veículos terrestres.

### **3.1.5 Diretiva 2002/44/EC da Comunidade Européia de Vibração Humana**

A União Européia (UE) adotou sua Diretiva de Vibração Humana no dia 5 de abril de 2002, estabelecendo diretrizes com respeito a exposição humana a vibração humana de mãos, braços e de corpo-inteiro que se tornará lei nas nações da União Européia (UE).

### 3.1.5.1 Valores de exposição de vibração diária

Os valores de exposição de vibração diária são obtidos em acordo com os procedimentos especificados na ISO 5349 partes 1 e 2, segundo Coles (2002) os valores de limite de exposição significam uma mudança importante na avaliação de vibrações.

A vibração é obtida pelo valor total da raiz quadrada da soma dos quadrados da aceleração rms ponderada medida e avaliada nas direções  $x$ ,  $y$ , e  $z$ . Na equação, valor total da vibração,  $a_{hv}$ , é determinado por:

$$a_{hv} = \left( a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{eq. (3.3)}$$

onde:

$a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$ , e  $a_{hwz}$ , são os valores da aceleração ponderada rms medidos nas direções  $x$ ,  $y$ , e  $z$ , respectivamente.

Se o valor da vibração com relação a exposição de vibração associada de mão-braço de um trabalhador for composta de várias operações, cada uma com amplitudes de vibrações diferentes, então valor total obtido é:

$$a_{hp} = \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{hpi}^2 T_i \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{eq. (3.4)}$$

onde:

$a_{hvi}$ , é valor ponderado de aceleração de vetor-soma da operação de  $i$  vezes;

$T_i$ , é duração de tempo da operação de  $i$  vezes;

$n$ , é o número total de operações; e

$T$ , é tempo total associado com as operações de  $n$ .

O valor de exposição de vibração diária,  $A(8)$ , para um período de referência de 8 hora, onde  $T$  é o tempo de exposição total associado com  $a_{hpi}$  é:

$$A(8) = a_{hp} \sqrt{\frac{T}{8}} \quad \text{eq. (3.5)}$$

O valor total de vibração permissível quando o tempo de exposição de vibração diária,  $T$ , for diferente de 8 horas pode ser escrito como:

$$a_{hp} = A(8)\sqrt{\frac{8}{T}} \quad \text{eq. (3.6)}$$

Os valores  $t = 14,142$  total de vibração permitido para o tempo de exposição,  $T$ , diferente de 8 horas que são associados com os valores da ação e os valores limite de exposição diária da Diretiva Européia são dados a seguir:

### 3.1.5.2 Valor de ação de exposição diária (VAE)

É um nível de exposição diária do trabalhador à vibração que garante aos empregadores tomarem ações apropriadas para controlar a exposição, como mostrado na equação 3.8 a seguir:

$$a_{hp} = \frac{7,071}{\sqrt{T}} \quad \text{ou} \quad T = \frac{50}{a_{hp}^2} \quad \text{eq. (3.7)}$$

### 3.1.5.3 Valor limite de exposição diária (VLE):

É um nível de exposição diária do trabalhador à vibração estimado como risco a saúde por ser suficientemente alto que a exposição deve ser proibida, é calculado conforme a equação 3.8.

Pela Diretiva européia deve ser ilegal permitir que trabalhadores se exponham a níveis acima deste valor. Se a ação efetiva é tomada no VAE o VLE raramente deverá ser excedido.

$$a_{hp} = \frac{14,142}{\sqrt{T}} \quad \text{ou} \quad T = \frac{200}{a_{hp}^2} \quad \text{eq. (3.8)}$$

Ocorrências excepcionais dos valores totais de vibrações permitidas por períodos de tempos diferentes de 8 horas são associadas com a ação de exposição diária e de valores limites definidos em 8 horas. Na figura 18, a curva superior de limite de exposição é a vibração permissível para os valores totais associados com o tempo de 8 horas, sendo o valor de limite de exposição diário de  $5,0 \text{ m/s}^2$ , conforme tabela 5 e a curva no limite inferior é a vibração permissível dos valores totais associados com 8 horas, sendo o valor de ação de

exposição diária de  $2,5 \text{ m/s}^2$ , conforme tabela 5 . A região entre as duas curvas é chamada de zona de precaução.

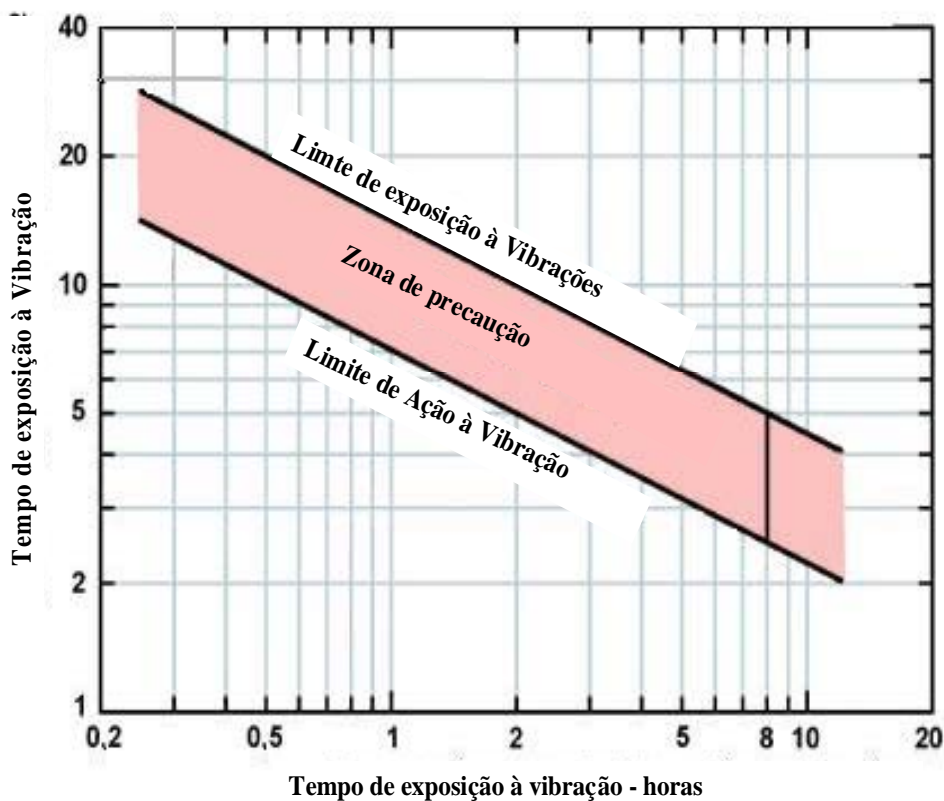


Figura 18 - Guia de Saúde – zona de precaução (Diretiva Européia)

A Diretiva 2002/44/EC estipula os níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e de mãos e braços, segundo quadro abaixo:

Tabela 5 Níveis de valores de ação e valores limite – Diretiva Européia 2002/44/EC

Tipo de vibrações	Nível de ação	Limite de exposição
Mãos e braços	$2,5 \text{ m/s}^2 \text{ A}(8)$	$5,0 \text{ m/s}^2 \text{ A}(8)$
Corpo inteiro	$0,5 \text{ m/s}^2 \text{ A}(8)$ ou $9,1 \text{ VDV}$	$1,15 \text{ m/s}^2 \text{ A}(8)$ ou $21 \text{ VDV}$

Fonte: Diretiva 2002/44/EC

### 3.2 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO BRASILEIRA

Este assunto é matéria constitucional, regulamentada e normalizada. A Constituição Federal, em seu Capítulo II que rege sobre os Direitos Sociais, artigo 6º e artigo 7º, incisos XXII, XXIII, XXVIII e XXXIII, dispõe, especificamente, sobre segurança e saúde dos trabalhadores. A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) dedica o seu Capítulo V à

Segurança e Medicina do Trabalho, de acordo com a redação dada pela Lei 6.514, de 22 de dezembro de 1977.

O Ministério do Trabalho, por intermédio da Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, aprovou as Normas Regulamentadoras (NR) previstas no Capítulo V da CLT. Esta mesma portaria estabeleceu que as alterações posteriores das NR's seriam determinadas pela Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho, órgão do Ministério do Trabalho.

A NR 17 aprovada em 19 de junho de 1990, conhecida como a norma regulamentadora da ergonomia, regulamenta parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas do trabalhador, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Incorporam-se às leis brasileiras, as Convenções da OIT - Organização Internacional do Trabalho, quando promulgadas por Decretos Presidenciais. As Convenções Internacionais são promulgadas após submetidas e aprovadas pelo Congresso Nacional.

Além dessa legislação básica, há um conjunto de Leis, Decretos, Portarias e Instruções Normativas que complementam o ordenamento jurídico dessa matéria, Cunha (2004) considera os principais critérios legais e técnicos sobre exposição ocupacional. Observa-se que muitas vezes as péssimas condições de trabalho em que são submetidos os trabalhadores brasileiros, o que nos coloca em muitas estatísticas como campeões de acidentes e de doenças ocupacionais oriundas da maneira como o trabalho é realizado (CIPA, 2004). A BS, 8800 (BSI, 1996) e a OHSAS 18000 (1999) complementam a legislação no sentido de induzir a empresa a implementar um Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (PNSST, 2004).

### 3.3 MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO

#### 3.3.1 Atividades e Operações Insalubres de Vibrações – NR 15

A Norma Regulamentadora do MTE NR-15, Anexo n.º 8, estabelece níveis máximos de vibração, utilizando os dados especificados pelas recomendações da ISO 2631 (1997) e ISO 5349 (2001), em pontos determinados, conforme LTCAT – Coletivo – INSS/MPAS e PPRA.

O Laudo Técnico deve ser elaborado conforme as determinações do MTE em suas Normas Regulamentadoras NR-9 e NR-15, com equipamentos adequados e devidamente calibrados e as análises laboratoriais. No laudo constarão as determinações das

recomendações de correção ou neutralização dos riscos, em função dos resultados obtidos nas medições, como transcrito a seguir:

- “1. São consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem:
- 1.1 Acima dos limites de tolerância previstos nos Anexos n.ºs 1, 2, 3, 5, 11 e 12;
  - 1.2 Revogado pela Portaria nº 3.751, de 23-11-1990 (DOU 26-11-90)
  - 1.3 Nas atividades mencionadas nos Anexos n.ºs 6, 13 e 14;
  - 1.4 Comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos n.ºs 7, 8, 9 e 10.
  - 1.5 Entende-se por "Limite de Tolerância", para os fins desta Norma, a concentração ou intensidades máximas ou mínimas, relacionadas com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.
- 2 O exercício de trabalho em condições de insalubridade, de acordo com os subitens do item anterior, assegura ao trabalhador a percepção de adicional, incidente sobre o salário mínimo da região, equivalente a:
- 2.1 40% (quarenta por cento), para insalubridade de grau máximo;
  - 2.2 20% (vinte por cento), para insalubridade de grau médio;
  - 2.3 10% (dez por cento), para insalubridade de grau mínimo;
- 3 No caso de incidência de mais de um fator de insalubridade, será apenas considerado o de grau mais elevado, para efeito de acréscimo salarial, sendo vedada a percepção cumulativa.
- 4 A eliminação ou neutralização da insalubridade determinará a cessação do pagamento do adicional respectivo.
- 4.1 A eliminação ou neutralização da insalubridade deverá ocorrer:
- a) com a adoção de medidas de ordem geral que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância;
  - b) com a utilização de equipamento de proteção individual.
- 4.1.1 Cabe à autoridade regional competente em matéria de segurança e saúde do trabalhador, comprovar a insalubridade por laudo técnico de engenheiro de segurança do trabalho ou médico do trabalho, devidamente habilitados, e fixar adicional devido aos empregados expostos à insalubridade quando impraticável sua eliminação ou neutralização.
- 4.1.2 A eliminação ou neutralização da insalubridade ficará caracterizada através de avaliação pericial por órgão competente, que comprove a inexistência de risco à saúde do trabalhador.
5. É facultado às empresas e aos sindicatos das categorias profissionais interessadas requererem ao MTE, através das DRTs, a realização de perícia em estabelecimento ou setor deste, com o objetivo de caracterizar e classificar ou determinar atividade insalubre.
- 5.1 Nas perícias requeridas as DRTs, desde que comprovada a insalubridade, o perito do MTE indicará o adicional devido.
- 6 O perito descreverá no laudo, a técnica e a aparelhagem utilizada.
7. O disposto no item 5 não prejudica a ação fiscalizadora do MTE nem a realização e ofício da perícia, quando solicitado pela Justiça, nas localidades onde não houver perito.”

### **3.3.2 Equipamentos de Proteção Individual - NR 6**

O MTE estabelece que cabe ao empregador adquirir EPI adequado à atividade; treinar o trabalhador quanto à forma correta de utilização; tornar obrigatório o seu uso; substituí-lo

imediatamente quando danificado ou extraviado; responsabilizar-se pela sua higienização e manutenção periódica; comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada no EPI.

O EPI, de fabricação nacional ou importado, só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação - CA, expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho do MTE.

### **3.3.3 Ergonomia – NR 17**

A NR 17 visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. As condições de trabalho incluem aspectos relacionados aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho, e à própria organização do trabalho. Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho, conforme estabelecido na NR 17.

### **3.3.4 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. (PCMSO) – NR 7**

Todas as empresas que admitam empregados, independentes do tamanho ou grau de risco, desde que regidos pela CLT, são obrigados a implantar e manter o PCMSO, pois na conformidade da legislação trabalhista vigente, todos os trabalhadores devem ter o controle de saúde de acordo com os riscos a que são expostos. Além de ser uma exigência legal prevista no artigo 168 da CLT, esta medida fica respaldada na Convenção 161 da Organização Internacional de Trabalho (OIT), respeitando princípios éticos, morais e técnicos.

O PCMSO tem caráter de prevenir, rastrear e diagnosticar de maneira precoce os agravos à saúde, relacionados ao trabalho, constata casos de doenças profissionais (ocupacionais) e danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores.

A responsabilidade pela implementação desse programa é exclusivamente do empregador, ficando o médico do trabalho responsável em coordenar, planejar e executar ao empregado fica a responsabilidade de cumprir as orientações desse programa. No caso dos trabalhadores temporários, o responsável pelo PCMSO será a empresa contratada para fornecer a mão de obra temporária.

### **3.3.5 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) – NR 9**

Os objetivos do PPRA são a preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais existentes ou que venham existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

Os riscos ambientais são os agentes físicos, químicos, biológicos e outros existentes no ambiente de trabalho em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição como vibrações. O PPRA se articula principalmente com a NR-7, ou seja, com o PCMSO – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

### **3.3.6 Programa de Gerenciamento de Riscos – NR 22**

O PGR é obrigatório para as atividades relacionadas a mineração, mas é importante que quaisquer atividades insalubres ou perigosas adotem os itens que integram o PGR: Antecipação e identificação de fatos de riscos; avaliação dos postos de riscos e da exposição dos trabalhadores; estabelecimento de prioridades metas e cronogramas; acompanhamento das medidas e controle implementadas; monitorização da exposição aos fatores de riscos; e registros de manutenção de dados por no mínimo 20 (vinte) anos.

## **3.4 MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA E ASSISTÊNCIA SOCIAL**

### **3.4.1 Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP)**

O INSS / MPAS, através da Ordem de Serviço N° 600, de junho de 1998, conformada pelo Decreto N° 3048/99, estabeleceu que as empresas deverão elaborar, manter atualizado e fornecer ao trabalhador, quando se desligar da empresa o Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP). Este documento retratará as atividades exercidas pelo trabalhador e as condições ambientais em que foram exercidas. O PPP é a descrição detalhada de uma atividade com a finalidade de relacioná-la como sendo “nexo-causal” de uma possível lesão ou acidente de trabalho e deve ser descrito observando todos os possíveis fatores com potencial de acometimento de uma lesão: biomecânicos, antropométricos, fisiológicos e



psicológicos. Acompanharão este estudo as frequências de ocorrências prejudiciais para os trabalhadores da Empresa. Devendo ser emitido, necessariamente, com base nas informações colhidas do LTCAT.

O PPP tem como finalidade:

- a) comprovar as condições para habilitação de benefícios e serviços previdenciários, em especial, o benefício a aposentadoria especial;
- b) prover o trabalhador de meios de prova produzidos pelo empregador perante a Previdência Social, a outros órgãos públicos e aos sindicatos, de forma a garantir todo direito decorrente da relação de trabalho, seja ele individual, ou difuso e coletivo;
- c) prover a empresa de meios de prova produzidos em tempo real, de modo a organizar e a individualizar as informações contidas em seus diversos setores ao longo dos anos, possibilitando que a empresa evite ações judiciais indevidas relativas a seus trabalhadores;
- d) possibilitar aos administradores públicos e privados acesso a bases de informações fidedignas, como fonte primária de informação estatística, para desenvolvimento de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como definição de políticas em saúde coletiva.

Art. 178 (IN 118 INSS, 2005) determina que a partir de 1º de janeiro de 2004, a empresa ou equiparada à empresa deverá elaborar PPP, conforme Anexo XV da IN 118, de forma individualizada para seus empregados, trabalhadores avulsos e cooperados, que laborem expostos a agentes nocivos químicos, físicos, biológicos ou associação de agentes prejudiciais à saúde ou à integridade física, considerados para fins de concessão de aposentadoria especial, ainda que não presentes os requisitos para a concessão desse benefício, seja pela eficácia dos equipamentos de proteção, coletivos ou individuais, seja por não se caracterizar a permanência.

Parágrafo 1º A exigência do PPP referida no caput, em relação aos agentes químicos e ao agente físico ruído, fica condicionada ao alcance dos níveis de ação de que trata o subitem 9.3.6, da Norma Regulamentadora - NR nº 09, do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, e aos demais agentes, à simples presença no ambiente de trabalho.

Então conclui-se que no caso do agente físico vibração no corpo humano, embora exista o limite de ação especificado nas normas internacionais (ISO 2631: 2001), não é comentado na instrução normativa 118 sobre a exigência de que seja informado no PPP o agente físico vibração, portanto, deve-se sempre apresentar no PPP dados quantitativos da vibração no corpo humano quando há suspeita de exposição, mesmo que os valores fiquem abaixo dos limites de tolerância; como acontece com os outros agentes, excluindo-se os da exigência do § 1º.

§ 2º Após a implantação do PPP em meio magnético pela Previdência Social, este documento será exigido para todos os segurados, independentemente do ramo de atividade da empresa e da exposição a agentes nocivos, e deverá abranger também informações relativas aos fatores de riscos ergonômicos e mecânicos.

§ 3º A empresa ou equiparada à empresa deve elaborar, manter atualizado o PPP para os segurados referidos no caput, bem como fornecer a estes, quando da rescisão do contrato de trabalho ou da desfiliação da cooperativa, sindicato ou Órgão Gestor de Mão de Obra - OGMO, conforme o caso, cópia autêntica desse documento.

§ 4º O PPP deverá ser emitido pela empresa empregadora, no caso de empregado; pela cooperativa de trabalho ou de produção, no caso de cooperado filiado; pelo OGMO, no caso de trabalhador avulso portuário e pelo sindicato da categoria, no caso de trabalhador avulso não portuário.

§ 5º O sindicato de categoria ou OGMO estão autorizados a emitir o PPP, bem como o formulário que ele substitui, nos termos do parágrafo 14, somente para trabalhadores avulsos a eles vinculados.

§ 7º O PPP deverá ser atualizado sempre que houver alteração que implique mudança das informações contidas nas suas seções, com a atualização feita pelo menos uma vez ao ano, quando permanecerem inalteradas suas informações.

§ 8º O PPP será impresso nas seguintes situações:

I - por ocasião da rescisão do contrato de trabalho ou da desfiliação da cooperativa, sindicato ou OGMO, em duas vias, com fornecimento de uma das vias para o trabalhador, mediante recibo;

II - para fins de requerimento de reconhecimento de períodos laborados em condições especiais;

III - para fins de análise de benefícios por incapacidade, a partir de 1º de janeiro de 2004, quando solicitado pelo INSS;

IV - para simples conferência por parte do trabalhador, pelo menos uma vez ao ano, quando da avaliação global anual do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, até que seja implantado o PPP em meio magnético pela Previdência Social;

V – quando solicitado pelas autoridades competentes.

§ 9º O PPP deverá ser assinado por representante legal da empresa, com poderes específicos outorgados por procuração, contendo a indicação dos responsáveis técnicos legalmente habilitados, por período, pelos registros ambientais e resultados de monitoração biológica.

§ 10. A comprovação da entrega do PPP, na rescisão de contrato de trabalho ou da desfiliação da cooperativa, sindicato ou OGMO, poderá ser feita no próprio instrumento de rescisão ou de desfiliação, bem como em recibo à parte.

§ 11. O PPP e a comprovação de entrega ao trabalhador, na rescisão de contrato de trabalho ou da desfiliação da cooperativa, sindicato ou OGMO, deverão ser mantidos na empresa por vinte anos.

§ 12. A prestação de informações falsas no PPP constitui crime de falsidade ideológica, nos termos do art. 297 do Código Penal.

§ 13. As informações constantes no PPP são de caráter privativo do trabalhador, constituindo crime nos termos da Lei nº 9.029, de 13 de abril de 1995, práticas discriminatórias decorrentes de sua exigibilidade por outrem, bem como de sua divulgação para terceiros, ressalvado quando exigida pelos órgãos públicos competentes.

§ 14. O PPP substitui o formulário para comprovação da efetiva exposição dos segurados aos agentes nocivos para fins de requerimento da aposentadoria especial, a partir de 1º de janeiro de 2004, conforme determinado pelo parágrafo 2º do art. 68 do RPS, alterado pelo Decreto nº 4.032, de 2001.

DECRETO Nº 3.048 - DE 6 DE MAIO DE 1999 - (DOU Nº 86 DE 07/05/99 - Seção I PG. 50 a 108 ) – Republicado em 12/05/99 - Alterado pelos Decretos nºs 3.265/99, 3.298/99, 3.452/2000, 3.668/2000, 4.032/2001 , 4.079/2002 , 4.729/2003 e 5.399 /2005- Atualizada até março/2005.

### **3.4.2 Agentes Físicos Anexo IV - Classificação dos Agentes Nocivos**

Exposição acima dos limites de tolerância especificados ou às atividades descritas.

- Ruído: 25 anos

Exposição a Níveis de Exposição Normalizados (NEN) superiores a 85 dB (A). Alterado pelo DECRETO Nº 4.882, DE 18 DE NOVEMBRO DE 2003 - DOU DE 19/11/2003). Texto Anterior: a - exposição permanente a níveis de ruído acima de 90 decibéis.

- Vibrações: 25 anos

Exposição a níveis acima dos limites da ISO 2631 (VCI) e ISO 5349 (VMB), sendo que utiliza os limites da ACGIH (1999) por não se tratar de um limite bem definido, pois trata da probabilidade de ocorrência de danos a saúde.

### 3.4.3 Anexo V - Classificação nacional de atividades econômicas

O quadro 5 apresenta a relação de atividades preponderantes e os correspondentes graus de risco ocupacionais.

<b>ANEXO V – RELAÇÃO DE ATIVIDADES PREPONDERANTES E CORRESPONDENTES GRAUS DE RISCO</b>	
<b>ATIVIDADE</b>	<b>GRAU DE RISCO</b>
XXI - Ruído e Afecção Auditiva	Mineração, construção de túneis, exploração de pedreiras (detonação, perfuração); engenharia pesada (fundição de ferro, prensa de forja); trabalho com máquinas que funcionam com potentes motores a combustão; utilização de máquinas têxteis; testes de reatores de aviões.
XXII - Vibrações (Afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sangüíneos periféricos ou dos nervos periféricos)	Indústria metalúrgica, construção naval e automobilística; mineração; agricultura (motosserras); instrumentos pneumáticos; ferramentas vibratórias, elétricas e manuais; condução de caminhões e ônibus. Trabalhos com perfuratrizes e martelotes pneumáticos.

**QUADRO 5** - Classificação nacional de atividades econômicas

Fonte: MPAS (2005)

### 3.5 LAUDO TÉCNICO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO TRABALHO (LTCAT)

Deve ser emitido quando existe efetiva exposição a agentes nocivos à saúde ou a integridade física do trabalhador. Devendo ser expedido por Engenheiro de Segurança do Trabalho, ou Médico do Trabalho, após a execução do PPRA e PCMSO. É à base de informações para a emissão do PPP quando o trabalhador está exposto a agentes nocivos. O LTCAT terá que conter as informações detalhadas, solicitadas pela IN-DC- 79 do INSS / MPAS: a empresa que não mantiver o Laudo Técnico atualizado com referência aos agentes nocivos, ou emitir documentos em desacordo com o respectivo laudo, estará sujeita a penalidade prevista no Art. 133 Da Lei Nº 8.213 de 1991. Recentemente o MPAS através do INNS e por meio das IN 99 e IN 100, vem exigindo das empresas LTCAT nas atividades onde podem ocorrer exposições a vibrações elevadas. E a inexistência desses documentos incorre numa multa vigente em 2005 de R\$ 991,02 por laudo inexistente e denúncia da empresa ao Ministério Público.

#### 3.5.1 Laudo de Exposição às Vibrações

É uma avaliação quantitativa de exposição às vibrações, localizadas anexo nº 8, da NR-15, do MTE. Resultando na elaboração de Laudo Técnico que constará de: critério adotado, instrumental utilizado, metodologia de avaliação, descrição das condições de

trabalho e o tempo de exposição às vibrações, resultado da avaliação quantitativa e as possíveis medidas para eliminação e ou neutralização da insalubridade, quando houver.

### **3.5.2 Anexo nº 8 - Vibrações**

1. As atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, serão caracterizadas como insalubres, através de perícia realizada no local de trabalho.
2. A perícia, visando à comprovação ou não da exposição à vibração, deve tomar por base os limites de tolerância definidos pelas normas ISO 2631-1 (1997) e ISO 5349 (2001) ou suas substitutas e para os fins da NR 15, a concentração ou intensidade máximas ou mínimas, relacionadas com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.
3. A insalubridade, quando constatada, será de grau médio, isto é, deve-se conceder ao empregado um adicional de 20% do salário mínimo aos seus proventos.

### **3.6 CUSTO BENEFÍCIO DA PREVENÇÃO**

A exposição a níveis elevados de vibrações pode causar problemas irreversíveis e outros danos à saúde em geral, tornando-se imprescindível sua redução e controle. Portanto, todo esforço deve ser realizado para que ambientes e postos de trabalho sejam adequados ao homem. É de responsabilidade da empresa e dos profissionais envolvidos o controle da exposição a agentes nocivos. O descumprimento das exigências legais somados a existências de danos a saúde com indicativo laboral coloca a empresa numa situação delicada. O ônus da falta de laudos ambientais pode acarretar em multas elevadas por laudo inexistente; podendo o fiscal do INSS arbitrar por individualizar os laudos de medição quantitativa. O ônus da prova ao contrário é de responsabilidade da empresa. Além disso, os passivos trabalhistas devido ao adicional de insalubridade (MTE) e previdenciários (INSS-MPAS) relacionados à aposentadoria especial podem ser ainda maiores. Os valores são retroativos em 20% do salário mínimo para o primeiro caso e 6% do salário integral do colaborador para o segundo caso desde 2001, sendo em 1999 e 2000 de 2% a 4%.

Ações indenizatórias por reparação por dano a saúde devido a atividades laboral por omissão do empregador também são passíveis de processo judicial na vara cível.

As viabilidades técnicas de redução do nível de pressão sonora devem ser buscadas incessantemente (evolução operativa), pois, normalmente, estes têm múltiplas causas e elas devem ser objeto de estudo e intervenção.

## **4 PROGRAMA DE CONTROLE DE PREVENÇÃO DE RISCO À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES**

### **4.1 GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL**

A busca pela melhoria contínua do desempenho e dos resultados nas organizações é cada vez mais uma necessidade de sobrevivência. As pressões sofridas no ambiente interno e externo destas organizações despertam a necessidade de mudanças revendo a sua forma de gerenciamento. O aumento da eficiência das empresas em um ambiente de tecnologia crescente e competitivo acelerado pela expansão dos mercados reconhece a grande importância da qualidade, saúde, segurança e meio ambiente. A sobrevivência das empresas não está apenas relacionada à capacidade de adequação ao ambiente tecnológico dinâmico, também, ao bem estar de toda a sociedade, contribuindo com menos poluição e indivíduos doentes. Uma população com saúde e segurança, vivendo e trabalhando em condições seguras e socialmente responsáveis, com certeza, será mais produtiva e eficaz.

Na visão globalizada do mundo, barreiras técnicas são criadas para controlar o comércio internacional em defesa dos interesses de cada país ou bloco econômico, fundamentadas em especificações técnicas. Nesse sentido, foram desenvolvidas ferramentas gerais e específicas para a realização do desenvolvimento organizacional objetivando atender esta necessidade de eficácia. Dentre aquelas utilizadas as metodologias de planejamento empresarial, controle de perdas e gestão da qualidade, meio ambiente e da segurança e mais recentemente a responsabilidade social, ajudam na obtenção da sustentabilidade empresarial. As várias bibliografias consultadas citam as grandes dificuldades das empresas quando se trata do gerenciamento dos recursos humanos, sendo estas maiores no gerenciamento da segurança e saúde ocupacional, muitas vezes em razão das dificuldades encontradas pelas empresas no cumprimento da legislação de proteção ao trabalhador. Segundo Hinze (1997), os acidentes ocorridos no trabalho normalmente são resultados da combinação de condições inseguras (circunstâncias que podem permitir a ocorrência de um acidente) e atos inseguros (comportamentos não adequados que podem permitir a ocorrência de um acidente). Sendo que estas últimas podem ter várias causas, como falta de treinamento próprio, desatenção,

descuido, comportamento negligente ao risco e instruções inadequadas, representando na maioria dos casos, falhas de gerenciamento.

O planejamento é considerado por todos, como o caminho para evitar a ocorrência destes eventos não planejados. Um efetivo sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional pode ajudar a minimizar os riscos, evitando os acidentes no emprego, melhorando o desempenho dos negócios e estabelecendo uma imagem responsável no mercado. Um sistema de gestão deve ser completo, e deve ser aplicável a todos os aspectos do trabalho. Este deve ser claro e uniformemente aplicado para todo o pessoal da empresa e em todos os projetos. As recomendações normativas proporcionam maior facilidade nas transações comerciais nacionais e internacionais. Ao mesmo tempo, elas impõem barreiras técnicas à comercialização de produtos e serviços que não se enquadram às suas especificações. As organizações, ao aplicá-las, apoiam-se em estratégias de controles confiáveis baseadas na Metrologia, Normalização e Gerenciamento do Processo exigindo sistemas reconhecidos de certificação e credenciamento. Nesse sentido, começaram a aparecer normas de gestão ambientais ISO 14000 com a idéia do desenvolvimento sustentável, que estabelecem novas prioridades para a ação política em função da nova concepção do desenvolvimento. Essas normas são bastante semelhantes à série ISO 9000, contudo retratam um fato importante: a responsabilidade internacional pelo desgaste do patrimônio natural ambiental, assim como, a capacidade de atingir rapidamente todos os povos. A certificação pela ISO 14000 exige das empresas fornecedoras de produtos e serviços processos de produção e fornecimento mais específicos, isto é, além dos requisitos anteriores, um maior conhecimento tecnológico para o desenvolvimento e controle de processos de produção não poluidores. Isso tem impacto direto nas relações comerciais num mundo globalizado (fenômeno financeiro com conseqüências nos sistemas de produção) e dinâmico, onde se procura constantemente superar as expectativas dos clientes.

Atualmente, estamos no estágio de amadurecimento das normas de Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional – SGSSO, que tendem a convergir para o mesmo ponto. Embora não exista uma norma ISO específica que trate da saúde e segurança no trabalho, já são empregados modelos como a BS 8800, a AS 8000 (responsabilidade social) e a OHSAS 18001 em diversas organizações a nível mundial.

Diversos países têm manifestado interesse para que a ISO – International Standardization Organization, desenvolva normas internacionais voluntárias sobre SGSSO (possível série ISO 18000). Estudos estão sendo realizados no sentido de encontrar soluções harmonizadas para a gestão da prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, evitando

assim que requisitos divergentes possam emergir ao nível de países ou blocos regionais (ROSEMARY, 2000). O uso de normas gerenciais como as séries ISO 9000, ISO 14000, BS 8800 e OHSAS 18000 contribuem para acrescentar a confiabilidade necessária ao cliente, evitando diferentes critérios de exigências para adquirir um produto com qualidade e ecologicamente correto e cujo processo produtivo preserve a saúde e a segurança das pessoas envolvidas e do meio ambiente em que vivemos.

#### **4.1.1 BS 8800 - Elementos Essenciais do SGSSO**

A norma BS 8800 (BSI,1996), que até o presente momento, é um dos documentos normativos que trata a segurança e saúde ocupacional de forma sistêmica tem sido à base de referência para o desenvolvimento e implementação de um SGSSO. Além disto, possui compatibilidade com as séries de normas internacional ISO 9000 e ISO 14000, que tratam da garantia da qualidade e da qualidade ambiental, respectivamente. Os componentes do sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional devem formar as bases para qualquer programa de segurança de projeto específico. Os passos prescritos para o desenvolvimento do gerenciamento da segurança e saúde ocupacional pela BS 8800, podem ser resumidos nas etapas a serem continuamente revisadas e melhoradas, dentro do princípio da melhoria contínua, conforme mostra na figura 19. Estes passos serão utilizados como base para o desenvolvimento de um SGSSO.



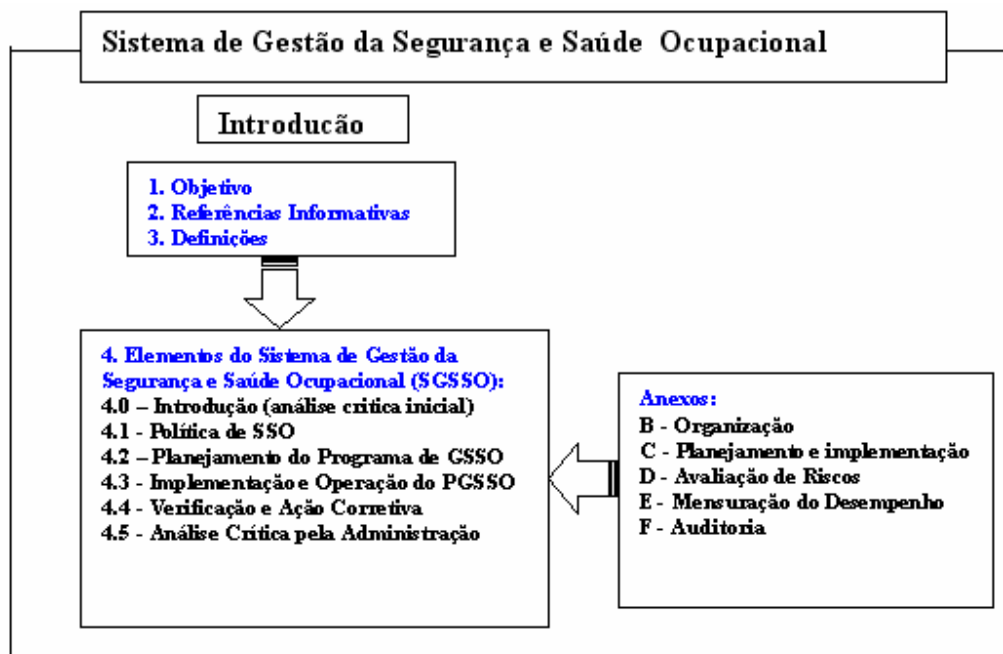


Figura 19 - Esquema SGSSO com base na BS 8800

As organizações devem dar a mesma importância à obtenção de altos padrões de gestão SSO que dão a outros aspectos chave de suas atividades de negócio. A BS 8800 (1996) fornece diretrizes baseadas nos princípios gerais da boa administração e foi projetadas para possibilitar a integração da gestão da SSO dentro de um sistema global de gestão, perfeitamente compatível com as normas série ISO 9000 e ISO 14000.

#### 4.1.2 OHSAS 18001 (1999) - Elementos de um SGSSO

A OHSAS 18001 (1999), cuja sigla significa *Occupational Health and Safety Assessment Series*, é uma especificação que tem por objetivo fornecer às organizações os elementos de um SGSSO eficaz, passível de integração com outros sistemas de gestão (qualidade e meio ambiente, principalmente), de forma a auxiliá-las a alcançarem seus objetivos de segurança e saúde ocupacional. Ela define os requisitos de um SGSSO, tendo sido redigida de forma a aplicar-se a todos os tipos e portes de empresas, e para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais. A OHSAS 18001 (1999) contém apenas os requisitos que podem ser objetivamente auditados para fins de certificação e/ou autodeclaração. A sua criação atendeu a um grande clamor internacional. Sua importância pode ser aquilatada pela representatividade dos Organismos Certificadores que participaram de sua elaboração (BSI, BVQI, DNV, Lloyds Register, SGS etc), os quais respondem por

cerca de 80% do mercado mundial de certificação de sistema de gestão. Foi desenvolvida para ser compatível com as normas de Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001 e com as normas de Sistemas de Gestão Ambiental ISO 14001 de modo a facilitar a integração dos sistemas de qualidade, meio ambiente e saúde no trabalho ou seja Sistemas Integrados de Gestão (SIGs). O sistema de gestão integrada faz parte dos novos conceitos de administração moderna e eficaz, portanto, escolhida como tópico importante para entendimento, organização e apresentação de documentação como os laudos técnicos de avaliação ambiental. A seguir uma representação do esquema da OHSAS 18001 apresentando os elementos essenciais relacionados ao SGSSO.

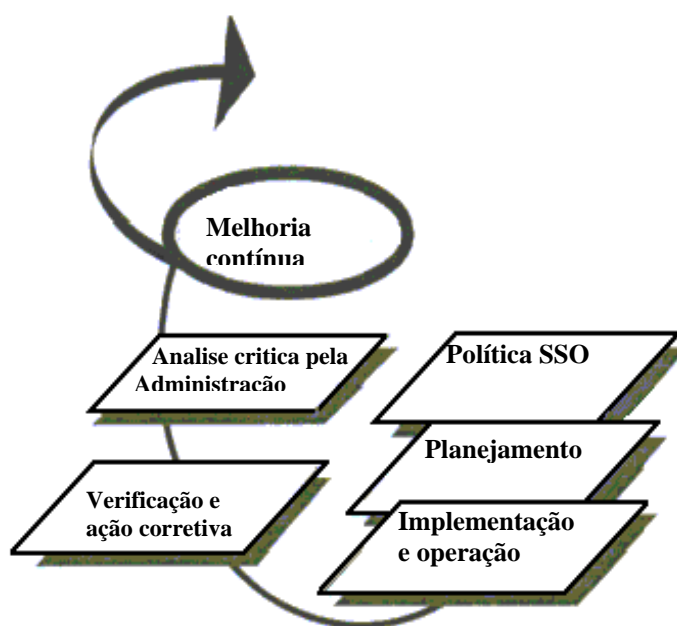


Figura 20 - Esquema representação da OHSAS 18000

#### 4.2 PROGRAMAS DE GESTÃO DE SSO

Para promover a melhoria das condições de trabalho a fim de garantir um melhor nível de proteção da saúde e da segurança dos trabalhadores expostos aos riscos associados de agente físico devido às vibrações no local de trabalho é recomendado desenvolver e implementar programas apropriados de conservação de saúde, programas e controle de prevenção de riscos de exposição às vibrações sempre que um local de trabalho enquadrar -se na categoria de "ambiente vibratório". Esses programas visam não só garantir a saúde e

segurança mas proteger contra os riscos devidos às vibrações, ao mesmo tempo em que, criam objetivos a serem alcançados, como respeito aos princípios, valores fundamentais a serem utilizados e exigências mínimas de proteção, incentivando melhorias da saúde e da segurança dos trabalhadores no ambiente de trabalho.

#### 4.3 PROPOSTA DE PROGRAMAS DE CONTROLE DE PREVENÇÃO DE RISCO À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES (PCPR-EV) - CONSIDERAÇÕES GERAIS.

##### 4.3.1 Considerações

O PCPR-EV harmoniza os elementos essenciais do sistema de gestão de SSO baseado nas normas BS 8800 (1996) e OSHAS 18000 (1999), na norma de acústica ISO 11690 (1996), legislação adequada e considera ainda as novas diretivas europeias, procurando sempre atender as exigências das normas específicas de vibrações humanas. Serão discutidas em detalhes medidas específicas para a prevenção e controle de exposição para vibração; porém, é importante se lembrar que não devem ser implementadas tais medidas com finalidade específica ocasional, mas como parte de uma estratégia integrada.

De acordo com Ximenes; Mainier, (2005a) o objetivo do PCPR-EV é de demonstrar os princípios básicos para prevenção de risco através de controle e de seu gerenciamento, relacionado com a exposição de vibrações e efeitos associados aos trabalhadores no local de trabalho. O PCPR-EV não deve ser um esforço isolado, e sim integrado em um programa de risco global no ambiente de trabalho, devendo ser projetado para satisfazer as necessidades específicas de cada situação, devido aos riscos existentes e dos muitos outros fatores que caracterizam um ambiente de trabalho; além disso, os programas deveriam ser adaptáveis aos novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, como também as eventuais mudanças no contexto sócio-econômico.

Como previamente visto, são mencionados freqüentemente programas de controle de vibração ou definidos por legislação nacional ou normalização internacional. Por exemplo, a série de normas ISO aplicadas a vibrações mecânicas e choque mecânico estabelece que:

“Para reduzir vibração como um risco no local de trabalho, países devem individualmente produzir legislação nacional que, geralmente, requer a implementação de controle de vibração, através de medição, para alcançar os mais baixos níveis razoáveis de emissão de vibração e exposição, levando em conta os seguintes aspectos: medidas disponíveis e/ou conhecidas; o estado do progresso técnico considerado; possibilidades para redução de vibração na fonte;

planejamento apropriado, obtenção e instalação de máquinas e equipamento (ISO, Handbook, 1995)”

Outro exemplo é a Diretiva Européia 2002/44/EEC de trabalho com vibração que requer conservação de saúde apropriada e programas de controle de vibração sempre que um lugar de trabalho enquadra-se na categoria de “ambiente vibratório”.

#### **4.3.2 Exigências para a Eficiência de Programa de Prevenção e Controle de Riscos**

Programas de prevenção e controle de riscos requerem: vontade política e tomada de decisão; compromisso da alta cúpula da administração, com uma clara e bem divulgada base política; compromisso dos trabalhadores; metas e objetivos bem definidos; recursos humanos e financeiros adequados; experiência e conhecimento técnico; implementação adequada e administração competente de programas; estabelecimento de equipes multidisciplinar; mecanismos para comunicação; monitoramento dos mecanismos (indicadores); melhoria contínua do programa.

A vontade política e motivação requerem consciência e entendimento dos problemas causados pelo risco à exposição, neste caso para os níveis de vibração prejudicial, como também da prevenção disponível, das soluções de controle e dos benefícios que são o resultado de sua aplicação. No nível do ambiente de trabalho, o início do processo de decisão começa com a consciência e aceitação de que existe um problema de vibração. Isto é seguido pelo reconhecimento e localização das fontes de vibração e as condições de exposição, por exemplo: duração e intensidade. Se obviamente houver sobre-exposição, uma decisão sempre é possível depois deste primeiro passo e a próxima fase será o planejamento de uma estratégia preventiva. Se uma decisão não for possível, a fase requererá avaliações de exposição quantitativas; por exemplo, medições de vibração. A “decisão de realizar as etapas” pode ser usados para analisar o processo de decisão relativo ao controle de risco em local de trabalho, como definir onde ocorrem os bloqueios, ou provavelmente possam ocorrer, com uma visão para evitá-los. Os “passos” a serem seguidos são:

1. Esteja atento ao problema;
2. Aceite o problema;
3. Saiba a causa;
4. Aprenda sobre as possíveis soluções;
5. Aceite uma solução;
6. Conheça o provedor de solução;
7. Finanças;
8. Implemente soluções;
9. Avalie.

Desde que PCPR eficientes sejam implementados, os interesses para a saúde dos trabalhadores devem ser incluídos nas prioridades da alta cúpula da administração ao lado da produtividade e da qualidade. Uma política clara, discutida, acordada e compreensível pelos *stakeholders* é essencial. Nos objetivos do programa devem ser definidos, os passos a serem seguidos e os mecanismos disponíveis para implementação de forma clara e apresentado para todos os interessados, que tem que saber o que esperar e para que esperar, pois metas irreais e inacessíveis são muito frustrantes. O projeto e implementação desses programas não só requer envolvimento e compromisso de administração, mas de pessoal de produção, trabalhadores e profissionais de saúde ocupacional.

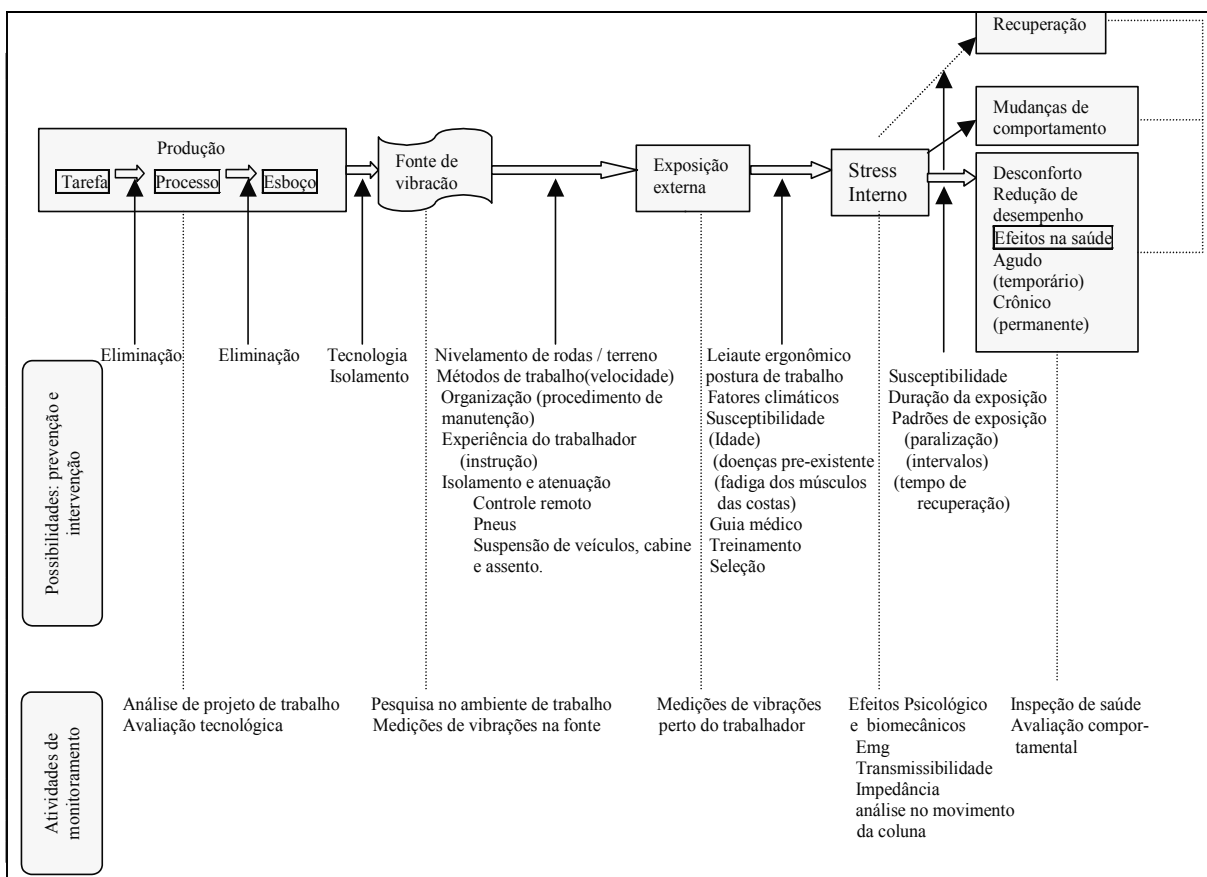
### **4.3.3 Componentes do Programa (PCPREV)**

#### 4.3.3.1 Reconhecimento do Problema de Vibração

Reclamações de dificuldades pelos trabalhadores devem ser consideradas tardias como um indicador de que existe um problema de vibração; porém, se isto acontecer, uma ação de controle deve ser imediatamente ativada. O reconhecimento de um problema de vibração deve ser considerado bem mais cedo, sempre que níveis de vibração excederem os limites aceitáveis, ou simplesmente sempre que há um sentimento que o lugar de trabalho é muito vibratório, particularmente se há qualquer interferência com o comportamento físico. Na realidade, o melhor procedimento é prever problemas e os evitar; por exemplo, selecionando equipamento e processos mais adequado, sempre que possível. O reconhecimento de que um problema de vibração existe é através do acompanhamento de avaliação qualitativa da situação, a identificação e localização das fontes de vibração, a definição de padrões de exposição à vibração, incluindo o que são exposição normal e o que são condições de exposição raras. Devido à experiência com suas tarefas, processos de trabalhos, equipamentos e maquinaria, os trabalhadores podem fornecer uma ajuda valiosa na obtenção de informações que são necessárias para se projetar uma estratégia adequada para qualquer avaliação quantitativa subsequente, e neste caso, realizar pesquisas de vibrações.

##### 4.3.3.1.1 Considerações de avaliação de problema de vibração.

As estratégias para pesquisas de problema de vibração”, inclusive medições e instrumentos, são considerados na perspectiva como elementos importantes de um programa de controle e prevenção de vibração global. Se os riscos são óbvios e sérios, o reconhecimento do problema deve ser seguido através de controle; a avaliação quantitativa virá depois para verificar a eficácia do sistema de controle. Às vezes pode ser necessário mudar o conceito clássico de "reconhecimento-controle-avaliação”. Decisão sobre ações de controle pode ter que se basear em julgamento profissional e bom senso comum, particularmente se o equipamento de medição não está disponível. Possibilidade que não deve ser considerada é a medição de vibração ser uma dificuldade para corrigir situações realmente perigosas. Na figura 21 é apresentada uma seqüência de prevenção de riscos de exposição às vibrações baseada em um diagrama de gestão com o ciclo de controle, apresentando as práticas de gestão e padrão de trabalho, e também o ciclo de aprendizado, onde se poderá chegar a uma prática inovadora.



**Figura 21** - Diagrama de seqüência de prevenção de riscos de exposição às vibrações.

Fonte: Biomed 2 - Vibration Injury Network (2005)

As medições devem considerar as condições mais habituais do operador e as mudanças devem também ser observadas cuidadosamente. Nesse caso, os dosímetros de vibração oferecem a melhor solução de monitoramento direto nos trabalhadores. Para estudar

fontes de vibração e a sua importância relativa como contribuidor para a exposição, como também conferir a eficiência de controle de medição de vibração implementada, a melhor ação é usar medidores de níveis de vibração por integração, posicionados adequadamente, para medição, de corpo inteiro e mão-braço do operador. A pesquisa inicial de vibração constitui uma ferramenta de decisão, e também provê dados de linha base que, junto com resultados de pesquisas subseqüentes, podem servir como um indicador para avaliações futuras de qualquer estratégia de controle implementada. A pesquisa de vibração avalia se a exposição de trabalhadores deve ser considerada por profissionais especializados, por exemplo, higienistas ou outros profissionais de SSO com treinamento específico em medições de vibrações. Técnicos de SSO, se especialmente treinados para este propósito, propiciam valiosa contribuição. Importante também é a colaboração de trabalhadores voluntários que pode ser considerada como essencial.

#### 4.3.3.2 Seleção de Instrumentos de Medição

O tipo de risco a ser avaliado e o propósito da pesquisa determinará o tipo e a "confiança" exigida do equipamento de medição; como por exemplo, um medidor de nível de vibração. Se a medição qualitativa, ou semiquantitativa são suficientes, ou se as pesquisas preliminares são uma prioridade, é desnecessário gastar dinheiro com equipamentos muito caros e sofisticados. Igualmente se recursos são avaliáveis, equipamento devem ser somente adquiridos, se uma necessidade real for estabelecida, e, as capacidades operacionais forem verificadas, incluindo a competência pessoal para propriamente operar, calibrar e manter os equipamentos. Se um novo programa é desenvolvido, somente os equipamentos básicos devem ser adquiridos inicialmente, mais itens serão adicionados, a partir das necessidades levantadas, e a competência pessoal desenvolvida. Quando selecionar qualquer equipamento de segurança ocupacional, na adição das características de desempenho, os aspectos práticos como portabilidade; fonte de energia necessária; exigências de calibração, manutenção e condições de uso (incluindo clima e infra-estrutura), devem ser também consideradas. Se as exigências acima forem negligenciadas, e infelizmente freqüentemente são, o resultado deve ser que o equipamento caro é inadequadamente utilizado, ou não utilizado em todo o seu potencial. A importância da calibração de rotina deve ser bastante enfatizada.

Todas as etapas da avaliação devem ser igualmente bem planejadas e conduzidas; o procedimento completo deve ser considerado como um único, pois "nenhuma corrente é mais forte do que o seu elo mais fraco". Seria um desperdício de recursos permitir qualidade

desigual nas diferentes etapas de uma mesma avaliação de vibração. Por exemplo, resultados obtidos com um medidor de nível de vibração por integração de grande exatidão não devem ser de confiança se este não tiver sido calibrado de maneira apropriada, ou, os resultados devem estar longe dos representativos de exposição de trabalhadores, se a estratégia de medição não estiver adequadamente projetada e obedecida.

#### 4.3.3.3 Estratégias de controle e medição

Os PPCRs envolvem medidas relacionadas ao ambiente de trabalho e medidas relacionadas com os trabalhadores. Estratégias de controle eficientes normalmente confiam em uma combinação de engenharia (técnica) como: controle de medições; equipamento com boa manutenção e isolado; medições de saúde pessoal; e práticas de trabalho.

As estratégias de controle e prevenção normalmente envolvem elementos dos seguintes grupos de medições, isto é, medições que relacionam com:

- o processo de trabalho - ferramentas e maquinaria - equipamento balanceado, boa manutenção;
- o local de trabalho, isolamento ou tratamento antivibratório;
- os trabalhadores, práticas de trabalho, e outros controles administrativos, educação dos trabalhadores sobre proteção pessoal;
- controle de medições deve ser realmente programado para encontrar as necessidades de cada situação particular e as diferentes opções devem ser consideradas em vista de fatores como eficiência, custo, facilidade técnica e aspecto sócio-cultural.

#### 4.3.3.4 Estratégia de controle básica.

A efetiva redução só será alcançada lidando com o problema de uma maneira sistemática. Uma série de etapas que devem ser consideradas ao formular uma estratégia de controle e de implementação de medidas de controle para novos locais de trabalho e os já existentes:

- a) Determine objetivos e estabeleça critérios;
- b) Considere a avaliação identificando: as áreas interessadas; a emissão em postos de trabalho; a contribuição de diferentes fontes para a emissão em postos de trabalho; a exposição de pessoas; a emissão de fontes para classificá-las;



- c) Considere medidas de controle como: controle na fonte; controle da transmissibilidade no local de trabalho; controle nos postos de trabalho;
- d) Formule um programa de controle;
- e) Implemente as medidas apropriadas;
- f) Verifique a redução alcançada.

A hierarquia de controle deve ser a seguinte:



**Figura 22** - Hierarquia de controle e medição

O controle de vibração pode ser implementado para resolver problemas usando várias técnicas de medições. Estas medidas são redução na fonte, em por exemplo, máquinas, processos de trabalho; redução por prevenção ou atenuação da sua propagação por exemplo, isolamento, fundação, material de amortecimento. Técnicas de medições para controle de vibração devem ser aplicadas para implementar o controle de vibração. Por este motivo é necessário comparar e determinar a eficácia das medições. Grandezas de vibrações são usadas para este propósito, que descrevem os aspectos das fontes, as reduções detectadas no local de trabalho, especialmente os postos de trabalho, e quando as fontes estiverem operando as medidas de controle tem que ser implementadas. A primeira prioridade é reduzir vibrações através de medidas técnicas. Quando o controle de engenharia não é aplicado ou não é suficiente, a exposição deve ser reduzida através de medidas como:

Proteção física que deve ser usada, mantida e selecionada adequadamente; Controles administrativos, como mudanças no esquema de trabalho ou na ordem de operações e tarefas, por exemplo, ou limitação do tempo despendido em um ambiente crítico (usando proteção). Muitas soluções são buscadas entre as medidas mais conhecidas, como isolamento e equipamento de proteção pessoal; entretanto, o modelo pode ser muito caro e improvável, e o último não é sempre eficiente ou aceitável pelos trabalhadores, particularmente em climas e ambientes de trabalhos quentes. A prevenção deve ser estendida com considerações próprias de outras opções de controle, particularmente de controle de fonte através, por exemplo, substituição de materiais e modificação de processo, como rege as boas práticas de trabalho (XIMENES; MAINIER, 2005b).

Tanto a medida pessoal e o controle de engenharia devem ser discutidos com os trabalhadores, desde que eles entendam sua importância, contribuem para seu projeto e aprendam como melhor ajudar para a sua eficiência contínua. Em razão de seu conhecimento e experiência com processo de trabalho, operações e maquinaria, trabalhadores podem trazer valiosas contribuições de projeto de estratégias de controle. Os trabalhadores devem contribuir para, ou decrescer, a eficácia das medidas de engenharia. A experiência pessoal com tarefas é indispensável para o projeto de adequação das práticas de trabalho, principalmente quando existe diferente maneira de realizá-las, a maneira para operar ferramentas e maquinaria influenciam os níveis de vibrações resultantes.

Da mesma maneira que treinamento e educação de trabalhadores, os exames de saúde periódicos, são componentes essenciais para os programas de conservação da saúde.

#### 4.3.3.5 Programas de Comunicação, Educação e Treinamento de Riscos.

Os programas de prevenção e controle de riscos bem sucedidos incluem comunicação de risco, como o treinamento e educação para trabalhadores, supervisores e todas as outras pessoas envolvidas. Se um programa é bem sucedido, todos os *stakeholders* devem estar cientes desta importância e motivados para colaborar. Os trabalhadores devem ser informados claramente de qualquer conhecimento, suspeita ou potencial de risco associado com seu trabalho, por exemplo, níveis de vibração que eles são e podem ser expostos, e, das possíveis consequências prejudiciais, por exemplo, perda da capacidade física ou acidente devido a falta de aviso sobre este risco. Devem ser informados também sobre o melhor meio de avaliação para prevenção e controle, e sobre como eles podem contribuir para sua implementação. Esta informação está ligada ao propósito e ao próprio uso de qualquer sistema de controle, baseado em controle de engenharia, práticas de trabalho e proteção pessoal. As pessoas envolvidas com prevenção e controle devem ter oportunidades de ampliar continuamente seus conhecimentos e devem: estar alerta para novos desenvolvimentos concernente aos efeitos de exposição excessiva, como novos guias e novas normas que devem ser aplicados e manter bem informado sobre os desenvolvimentos concernentes ao controle e reconhecimento de risco que devem ser aplicados para os processos de trabalho e operações.

#### 4.3.3.6 Promoção da Saúde

De acordo com os conceitos declarados na Carta de Ottawa e aceito pela OMS (Organização Mundial de Saúde), que diz: “[...] promoção de saúde é o processo de habilitar pessoas para aumentar o controle, pra melhorar a sua saúde [...]” No mesmo contexto é considerado que: “[...] para chegar um estágio de bem-estar físico completo, mental e social, um individuo ou grupo deve estar apto para identificar e realizar aspirações, para satisfazer necessidade, e para mudar ou lutar com o ambiente [...]”.

Em vista da multiplicidade e diversidade dos determinantes dinâmico de saúde global são necessários procedimentos para proteger e promover saúde numa maneira compreensiva. Por exemplo, esforços para controlar vibração devem considerar as atividades “fora de trabalho”, como pilotar motos em pisos acidentados, se praticado sem proteção pessoal adequada. Os trabalhadores devem ser encorajados a levar suas boas praticas de conservação para situações fora do trabalho, quando relevante.

#### 4.3.3.7 Avaliação da Exposição

A medição da exposição à vibração atual é a segunda etapa no procedimento da avaliação apresentada na figura 23. A estratégia de medição é projetada, e então as medições são conduzidas usando como base os dados coletados durante a pesquisa preliminar. Que dependem das circunstâncias do posto de trabalho para ser avaliado, isto é, o tamanho / tipo, as máquinas / processos em uso e número de pessoas empregadas, o sistema de medições e a reunião das informações necessárias para alcançar de maneira organizada os resultados desejados.

A necessidade da estratégia a ser desenvolvida, que não pode ser feita a menos que, antes das medições, seja conhecido qual o local de trabalho é de interesse, quais máquinas estão em uso e quais posições do operador e atividades necessitam ser incluídas na avaliação. Isto pode unicamente ser feito após estabelecer com o gerente do posto de trabalho e operadores/maquinistas que as atividades no dia da avaliação são típicas de um dia de trabalho normal.

#### 4.3.3.8 Grupo Homogêneo de Exposição (GHE)

Em muitos postos de trabalhos, é possível dividir a população em GHE; isto é grupo de trabalhadores expostos a vibrações em condições que podem ser considerados similares. Segundo o Anexo da IN nº 1, de 20-12-95, do MTE a definição de GHE corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação de exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõe o mesmo grupo. Sobre estas condições, a medição pode unicamente ser conduzida, por uma amostra bem-definida de trabalhadores no maior grupo possível, de maneira que não exista variação sistemática da exposição entre os membros do grupo, durante intervalo de exposição específica (para uma dada amostra), usando materiais e técnicas apropriadas. O objetivo é minimizar o número de medições a serem feitas para garantir a sua representatividade, dada as mudanças na atividade e exposição identificada no estudo preliminar. Este método é tipicamente usado em higiene industrial para reduzir o número, e também o custo das medições de exposição.

A última restrição conduz freqüentemente para o GHE definido por uma tarefa específica, e para os trabalhadores classificados para um GHE de acordo com a duração específica da exposição ou para intervalos de tempo estacionários diferentes. Certos trabalhadores são obviamente expostos as variações no nível de vibrações que não podem ser previstas. Estes trabalhadores de equipe de manutenção, montadores, ajustadores e etc, não podem ser colocados no mesmo grupo dos outros, pois devem ser submetidos a medições individuais e repetidas. Se o posto de trabalho consiste de uma variedade de máquinas todas executando diferentes tarefas então existirá a necessidade de realizar medições em todas as máquinas e em todos operadores. Portanto, se existem muito operadores em uma área e todos são afetados pela vibração de uma máquina ou processo então poderá ser possível selecionar um ou dois operadores que são representativos do grupo. Em situações onde muitos operadores estão trabalhando em uma área definida e suas atividades requerem muitos movimentos e é razoável estabelecer exposição em uma área base e aplicar o mesmo nível de exposição para todos.

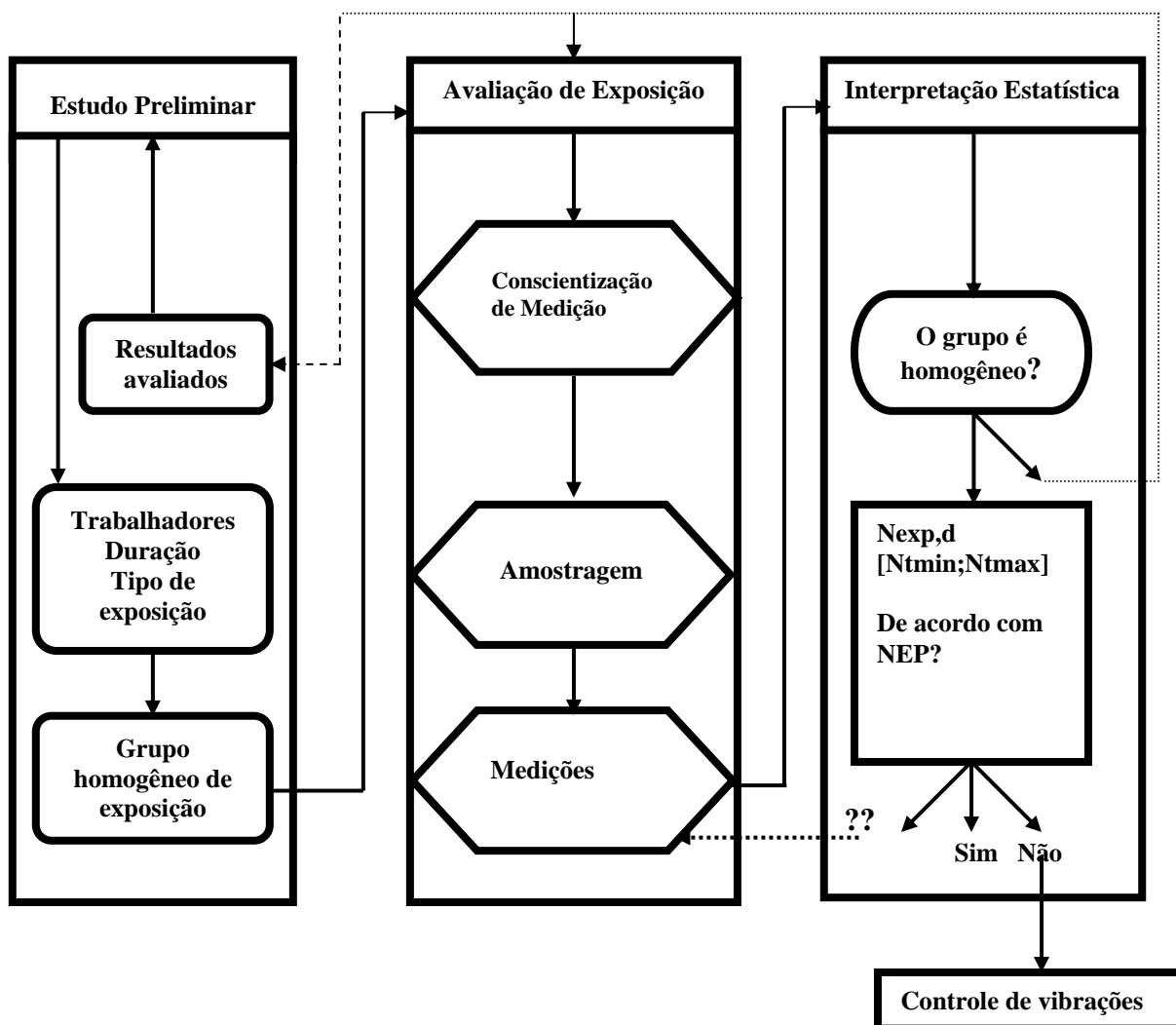
#### 4.3.3.9 Projeto de Estratégia de Medição

Exposição ocupacional é geralmente caracterizada por dois fatores: uma grande população exposta, e uma duração de exposição que pode se estender sobre o curso de muitos dias de trabalho. É essencial desenhar um planejamento do local de trabalho que identifique as máquinas/processos em uso, as posições dos operadores associados com as máquinas/processos e quaisquer outras pessoas engajadas em atividades de trabalho. Informações relativas ao número de empregados e suas respectivas tarefas devem ser identificadas e anotadas; é também essencial obter as horas de exposição de cada empregado para cada dever / tarefa. Seria benéfico obter o acordo de cada empregado e do gerente da seção antes da coleta de dados. De acordo com as informações anteriores é essencial que os resultados da avaliação da exposição estejam sendo considerados como representativos de uma atividade normal do dia.

#### 4.3.3.10 Estratégias para Pesquisa de Vibrações.

O tipo e a estratégia de medição dependerá enormemente dos objetivos da pesquisa. Quatro diferentes objetivos podem ser seguidos: a determinação da emissão de vibração de uma dada máquina ou conjunto de máquinas; a identificação, caracterização e classificação das fontes de vibração; a verificação de que um dado trabalhador é ou não exposto a um nível de vibração acima dos limites legais (conformidade); a predição do risco individual de danos causados por vibração.

A implementação de uma estratégia para a medição de exposição de vibrações inclui várias etapas e é adaptada para diferentes tipos de vibrações. A primeira etapa consiste em se realizar um estudo preliminar do local de trabalho e as circunstâncias que conduzem a variações no nível de exposição. A segunda etapa consiste em se definir uma estratégia de medida e realizar as medições para quantificar as exposições de vibrações experimentadas pelos trabalhadores. A terceira etapa trata da interpretação dos resultados da investigação.



**Figura 23** - Etapas de medição de exposição de trabalhadores à vibração  
**Fonte:** Goelzer (2005).

#### 4.3.3.11 Implementação de Programas

Um planejamento oportuno e realista é essencial para o estabelecimento de qualquer programa. Um plano de trabalho deve ser elaborado, de acordo com as necessidades reais e os recursos disponíveis. Outros fatores a serem considerados incluem: exigências legais (legislação, regulamentos e normas), infra-estrutura e serviços de apoio necessários (incluindo manutenção de equipamento). Devemos sempre guardar em mente que a prevenção antecipada é a melhor abordagem, pois, alcançar redução de imediato em locais de trabalho é muito difícil e custoso. Os programas devem ser eficientes e sustentáveis, continuamente devem ser avaliados, com a possibilidade de adaptar as novas necessidades e circunstâncias que aparecem ao longo do caminho.

#### 4.3.3.12 Gerenciamento de programas

Gerenciamento envolve decisão relativa às metas a serem alcançadas e as ações exigidas para que isto seja feito eficientemente, através da participação ativa de todos os interessados; também envolve prever e evitar (ou reconhecer e resolver) problemas que podem criar obstáculos.

A boa administração deve fazer a distinção entre o "trabalho feito" e o "trabalho bem feito." A importância de implementar procedimentos corretos não pode ser demasiadamente enfatizada. Além disso, os reais objetivos, não são etapas intermediárias, que deveriam servir como uma orientação para medir com sucesso. Por exemplo, a eficiência de um programa de conservação não deveria ser avaliada pelo número de pesquisas vibratórias, mas sim pelo número de ações preventivas de sucesso que são ativadas. Além disso, uma distinção sempre deve ser feita entre o que é "impressionante" e o que é "importante". Uma pesquisa vibratória muito detalhada com equipamento de medição de vibração muito exato e preciso, incluindo análise de frequência de banda de 1/3 de oitava, pode ser muito impressionante mas o que é realmente importante é que seus resultados sejam adequadamente usados para um propósito completamente justificado e pertinente.

As ferramentas de gerenciamento precisam de uma política implementada eficientemente que inclui, por exemplo: organização transparente; procedimentos de funcionamento claros (para operação padrão como também para manutenção, inspeção e situações anormais); adoção de padrões e diretrizes; programa de recursos humanos (seleção, educação e treinamento, informação, manutenção de competência de pessoal); efetivo de linhas de comunicação; desenvolvimento de indicadores de desempenho (parâmetros de saúde ambiental; por exemplo é o resultado de testes de saúde), e estabelecimento de mecanismos de avaliação. A boa comunicação dentro e fora do programa é essencial se ter uma equipe de trabalho bem coordenada, com compartilhamento de informações e aumento de colaboração.

#### 4.3.3.13 Práticas de Trabalho e Controle Administrativo.

A avaliação do local de trabalho para exposição à vibração inclui medições preliminares de vibrações, separação dos locais de trabalho em diferentes áreas de riscos – e desenvolvimento de ambos em planos de gerenciamento em curto e longo prazo. Depois da avaliação do local do trabalho, é apropriado se avaliar as possibilidades que o empregado

individualmente tem para controlar o seu próprio ambiente de trabalho e avaliar as medições simples que devem resultar em uma promoção de redução de nível de vibração. Por mais que os níveis de vibração estejam de acordo com o local de trabalho, ou tenha sido legalmente atendido, a decisão é sempre para o empregado individual ou para um grupo específico de empregados nas seções definidas no local, questão de que risco é “a aceitabilidade do nível de vibração no ambiente de trabalho”.

Todo ser humano tem o seu próprio limite de aceitação - de acordo com a sua atitude, de sua própria vida e saúde, sua família e seus colegas. Este limite varia muito de ser humano para ser humano, mas se o limite é excedido, o risco voltará imediatamente. O limite é preferencialmente indefinido e sempre relativo à tradição dos trabalhadores, e das possibilidades de encontrar outras atividades menos insalubres com grau de influência menor no local de trabalho. O limite individual de aceitação deste modo deve ser qualquer um acima ou inferior o que é considerado salubre ou legalmente justificável. Para obter limite individual final de aceitação de um local de trabalho, deve ser observado que, todos obterão informações atualizadas dos efeitos da vibração na saúde, e que existirá um alto nível de informações sobre esforços organizacionais, gerenciais e técnicos de redução de vibrações. A própria proteção individual é mantida útil até um certo ponto e deve ser usada quando necessária.

Os empregados devem fazer a sua própria medição de redução de exposição de vibração para: evitar vibrações desnecessárias em transporte e manuseio parar máquinas e equipamentos que não estão em uso no momento. Fixar partes soltas de máquinas que chocam; reduzir a ocupação e permanência em área de grande nível de vibração; usar equipamento técnico apropriado; fazer suas próprias rotinas de manutenção, ajustando e lubrificando maquinário e equipamentos, participar no desenvolvimento e avaliação de novos esforços; se qualquer coisa é impossível, a proteção pessoal deve ser usada. Havendo qualquer dano incipiente sério, envolva o pessoal de saúde e tenha todos os danos corretamente investigados.

#### 4.3.3.14 Equipe de Trabalho

O passo inicial deveria ser a criação de uma equipe multidisciplinar e a elaboração de mecanismos para o trabalho de equipe de maneira eficiente. Uma equipe multidisciplinar encarregada de programas de controle e prevenção de risco deve incluir profissionais de saúde e de segurança ocupacionais, como também os representantes de administração, gerentes/engenheiros de produção e trabalhadores. Além disso, deveriam ser envolvidas todas



as pessoas interessadas de alguma maneira. A equipe deveria incluir, ou ter acesso aos profissionais com competências em: Higiene Profissional, Medicina Profissional, Enfermagem Profissional, Ergonomia, Psicologia do Trabalho e, no caso de controle de vibração, também engenheiro especializado em vibração, com conhecimentos de metrologia e informado sobre fisiologia. Em todos os casos, a participação de trabalhadores é indispensável. As pessoas escolhidas para a equipe de controle e prevenção de risco devem ter, além do conhecimento exigido e experiência, também entusiasmo, compromisso, espírito de colaboração e possibilidade para participar ativamente, inclusive tempo disponível. As medidas e ações nunca devem ser impostas, mas bastante discutidas. Além disso, deveriam ser proporcionados para as equipes e para os indivíduos, necessariamente os recursos e a liberdade de ação para cumprir as suas responsabilidades que devem ser claramente caracterizadas e designadas. Todos os participantes da equipe podem fazer uma contribuição e todos têm que sentir parte do programa. Unir esforços, envolvendo todos os *stakeholders*, é preciso para alcançar a proteção plena da saúde dos trabalhadores.

#### 4.3.3.15 Situações especiais

Manutenção, reparos, e outras atividades não rotineiras normalmente recebem menos atenção que a necessária. A experiência mostra que este tipo de trabalho pode induzir a uma exposição excessiva aos trabalhadores que freqüentemente fazem reparos sem a proteção pessoal exigida. O pessoal de manutenção trabalha sem qualquer proteção porque eles acham que tem que “sentir” a maquinaria; além disso, tem que se posicionar em posições desajeitadas e acabam também “dispensando” a carga adicional da proteção pessoal. Também acontece que cada uma dessas operações é conduzida em horas de trabalho extraordinária, que normalmente não são supervisionadas. Os trabalhadores de manutenção e limpeza devem ser protegidos, quando for necessário, e receberem treinamento de segurança e saúde apropriados. Particularmente, quando serviços de manutenção e limpeza são subcontratados (o que acontece muito freqüentemente) regra de segurança tende a ser negligenciada. Isto é mais crítico quando se lida com riscos que causam efeitos severos na saúde, que é raramente o caso da exposição à vibração

#### 4.3.3.16 Cronograma

Uma consideração real do fator de tempo deve ser feita na fase de planejamento. É impossível se resolver todo o problema ao mesmo tempo, particularmente quando a solução requer intervenções a médio e longo prazo. Então, deveriam ser estabelecidas prioridades para ação considerando aspectos que incluem o seguinte: número de trabalhadores exposto; natureza e magnitude de exposição, conseqüentemente o grau de risco; viabilidade de ação; disponibilidade do equipamento e materiais exigidos, e, grau de interferência com a produção.

Podem ser implementadas práticas de trabalho apropriadas e o uso de equipamentos de proteção pessoal, como luvas de proteção, em um tempo relativamente curto. Porém, a implementação plena pode levar muito mais tempo, por depender de fatores que freqüentemente estão fora do controle dos profissionais de higiene ocupacional, como ter cooperação completa dos trabalhadores e supervisores e também de gerentes. Então, qualquer ação preventiva deveria ser acompanhada por comunicação de risco adequada, treinamento e educação de todos os *stakeholders*.

Por outro lado, o projeto e implementação de criar medidas de controle levam tempo e normalmente requerem horário extraordinário de certas operações. Horários devem ser preparados em colaboração com gerentes de produção /engenheiros e trabalhadores, e baseado em uma avaliação real do tempo que precisam para completar a instalação dos controles.

#### 4.3.3.17 Avaliação de Programa

Programas devem ser periodicamente e criticamente avaliados, com uma visão para avaliar sua relevância e assegurar a melhoria continua.

#### 4.3.3.18 Sistema de controle de monitoramento.

Uma vez que o sistema de controle foi colocado em operação, é necessário assegurar que o nível desejado de proteção tem sido alcançado e conseqüentemente mantido. Para obter o melhor desempenho, o controle de engenharia e os equipamentos de proteção pessoal devem ser rotineiramente inspecionados, mantidos e, quando necessário, trocados.

#### 4.3.3.19 Indicadores

Uma pesquisa inicial (envolvendo medidas de vibração ideais e testes de saúde) deve ser considerada antes de um programa ser implementado ou reformulado. Isto provê dados básicos bons para avaliações subseqüentes da efetividade do programa.

Indicadores que deveriam ser sensíveis a mudanças no ambiente de trabalho ou em parâmetros de saúde, normalmente relacionam uma condição de ambiente a um efeito de saúde (ambiente vibratório / dano de vibração), ou relacionam um certo agente ambiental com um fator de exposição (máquinas vibratórias / nível de vibração no operador).

Alguns indicadores são usados para decidir propósitos, outros para monitorar a eficiência de um programa preventivo. Por exemplo, a "porcentagem de trabalhadores com um certo grau de dano" indicam a necessidade de ação imediata. Porém, isto não deveria ser permitido acontecer e uma decisão mais aceitável pelo indicador neste caso seria "reduzir o nível de vibração sobre um valor aceitável."

Exames iniciais e periódicos de trabalhadores contribuem com valiosos dados para os indicadores.

Para ter relevância científica e para o usuário, indicadores devem ter características que incluem o seguinte: baseado nos conhecimentos ligados entre, por exemplo, ambiente de trabalho de vibração e efeitos físicos; imparcial, seguro e válido; baseado em dados de uma qualidade conhecida e aceitável; facilmente entendido e aceitável por todos os *stakeholders*; baseado em dados que estão prontamente disponíveis ou facilmente arquivados, a um custo aceitável, ou, dados que são necessários de qualquer maneira. Além disso, indicadores devem ser oportunos para política e decisão, e, apropriada para monitorar as ações resultantes.

Por exemplo, se o assunto for controle de vibração, não seria "oportuno" basear um "indicador de decisão" em resultados, se não estão disponíveis; se o equipamento exigido tiver que ser ordenado e entregue, ou as pessoas treinadas no seu uso, conseqüentemente haveria muito tempo decorrido até que os dados pudessem ser obtidos e a decisão tomada.

#### 4.3.3.20 Vigilância no ambiente para propósito de controle

Monitoramento de rotina (contínua ou intermitente) é um meio para detectar qualquer alteração nas condições de exposição. Isto deve resultar, por exemplo, em mudanças no processo ou materiais utilizados, deterioração de ferramentas e maquinaria (como mancais desbalanceados), de deficiência e avarias no sistema de controle existente, ou de qualquer

ocorrência de acidentes. Medidores de vibração muito sofisticados, apesar de não atender em muito mais as normas do que os medidores normais ou de integração, tem uma larga aplicação em pesquisa de “controle”.

Deve ser dito que avaliação quantitativa muito exata e precisa não é necessário para verificar (checar) controles de uma rotina básica. Métodos menos sofisticados podem ser usados para indicar alterações. Desde que alguma “inspeção prática” seja usada.

Em vista da sua familiaridade com a operação, trabalhadores normalmente estão em uma posição privilegiada munida de informações valiosas sobre ocorrências não usuais e alterações que devem ser investigadas para assegurar a eficiência continuada do sistema de controle.

As técnicas de visualização, por exemplo, podem ser muito útil na demonstração da utilidade e a relativa eficiência das diferentes medidas de controle. Este método combina uma imagem de vídeo mostrando o trabalhador desempenhando as suas tarefas, por exemplo, níveis que são constantemente medidos nos trabalhadores com instrumento de monitoramento em tempo real. No caso da exposição, este método é particularmente eficiente na designação e avaliação das práticas de trabalho, desde que tenha uma pessoa dedicada para “visualizar” como os níveis variam enquanto uma tarefa é executada nas diferentes maneiras.

#### 4.3.3.21 Vigilância de saúde para propósito de controle

A inspeção de saúde de trabalhadores inclui exames de admissão, exames periódicos e especiais de saúde, incluindo observações clínicas, investigações de atendimento específico, testes ou investigações de imagem, e detecção do prejuízo a saúde. No caso de exposição à vibração, testes fisiológicos são um importante componente da inspeção de saúde.

A perda de saúde por causas ocupacionais pode ocorrer muito gradualmente. Uma mudança cedo na habilidade indica superexposição e, se uma imediata ação preventiva é tomada para prevenir a exposição, uma perda maior pode ser evitada. Apesar da detecção cedo do prejuízo a saúde devido aos riscos a saúde ocupacional, é possível identificar trabalhadores hipersensíveis e também para prevenir os danos. (prevenção secundária).

Inspeção de saúde não deve ser considerada como preparação para a prevenção de risco primário, entretanto é um complemento essencial que contribui de várias maneiras para as estratégias preventivas. Em primeiro lugar, resultados da Inspeção de saúde devem servir como indicadores da necessidade de controle, e conseqüentemente da eficiência do sistema de

controle, pela detecção dos problemas ou falhas no sistema de controle. Comparações de testes (do mesmo trabalhador, em um intervalo de tempo) que mostram algum dano podem ajudar a disparar o gatilho das intervenções preventivas e motivar trabalhadores para colaborar ativamente para prevenir prejuízo adicionais. Entretanto do ponto de vista da higiene ocupacional, isto é muito menos desejável do que as ações disparadas pela percepção de que existe super exposição mas depois de ocorrer danos (prejuízos) irremediáveis.

Na responsabilidade pessoal para inspeção de saúde os trabalhadores devem ser mantidos informados sobre qualquer avaliação de risco conduzida no local de trabalho, e devem ter informações de exposição observada em processos específicos ou operações, e vice versa.

Comunicações contínuas, da equipe de trabalho e troca de dados entre o pessoal da saúde ocupacional são essenciais para o sucesso de qualquer prevenção de risco e programa de controle. O estabelecimento de correlações entre condições de trabalho e ao status de saúde dos trabalhadores contribui para a avaliação da exposição total e é indispensável para a avaliação das estratégias de controle.

Trabalhadores devem sempre ser informados das razões de qualquer exame de saúde e concordarem com o procedimento. As participações de trabalhadores em ações de inspeção e controle devem ser declaradas em legislação nacional ou diretiva supranacional, por exemplo, a Diretiva Européia 2002/44/EEC de vibração no trabalho.

#### 4.3.3.22 Registros e Relatórios

É importante manter registros e relatórios claros de medições e testes, instrumentos de medições e sistemas de controle, como também no próprio programa.

Sobre medições de vibração, os resultados devem ser bem organizados, facilmente identificáveis e recuperáveis. Dados servem como indicadores e devem ser constantemente coletados e analisados. Porém, a legislação nacional diverge a quem o interesse dos resultados de testes individuais devem ser entregue. Normalmente os resultados são tratados como dados médicos confidenciais e somente os dados de grupo são usados em conjunto com os indicadores de sucesso (ou fracasso) de programas.

Sobre medições de vibração, os resultados devem ser bem organizados, facilmente identificáveis e recuperáveis. Dados servem como indicadores e devem ser constantemente coletados e analisados. Porém, a legislação nacional diverge a quem o interesse dos resultados

de testes individuais devem ser entregues. Normalmente os resultados são tratados como dados médicos confidenciais e somente os dados de grupo são usados em conjunto com os indicadores de sucesso (ou fracasso) de programas.

Sobre instrumentos de medição e proteção pessoal, (todos os detalhes relativos à compra inclusive pessoa de contato do fabricante), como também registros adequados de manutenção devem ser cuidadosamente mantidos. A instrumentação de medição também deve ter seu registro de calibração rotineira e o equipamento de proteção pessoal com seus registros contendo os prazos finais de substituição. Além disso, registros completos e precisos de condições de trabalho, materiais usados, e desempenho de medidas de controle, devem ser mantidos. Relatórios objetivos e claros do programa devem ser periodicamente elaborados e analisados criticamente pela equipe.

É recomendado que nos relatórios técnicos sejam abordados minimamente os aspectos apresentados a seguir, de forma que possibilite a compreensão, por leitor qualificado, sobre o trabalho desenvolvido e documentar os aspectos que foram utilizados no estudo:

- introdução, incluindo o objetivo do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações;
- critério de avaliação adotado;
- instrumental utilizado;
- metodologia de avaliação;
- descrição das condições de exposição avaliada;
- dados obtidos e interpretação de resultados.

#### 4.3.3.23 Melhoria Contínua

Para alcançar melhoria contínua é necessário realizar rotinas de avaliação de como o programa é procedido, incluindo análise de indicadores selecionados. É importante estabelecer um sistema adequado para o reconhecimento e a devida apreciação das falhas e dos sucessos. Falhas devem ser consideradas como experiência de aprendizado para melhoria de programa, mais do que razões para censura, a localização de possíveis fontes de erros, para corrigir e evitá-los, é mais importante do que “procurar o culpado”. De um outro modo, sucessos devem ser plenamente reconhecidos, dando amplo crédito e comemorado pela equipe; isto contribui para a satisfação no trabalho e o empenho melhorado.

#### 4.3.3.24 Recursos Requeridos

##### *4.3.3.24.1 Recursos Humanos*

Do mesmo modo que a necessidade para controle de vibrações foi estabelecida e a decisão tem que ser tomada para implementar as medidas preventivas exigidas, mas algumas dificuldades devem ocorrer na prática. Um tropeço comum é a deficiência de treinamento adequado de pessoal, com conhecimentos especializados. A competência científica, técnica e gerencial deve ser avaliada entre os membros da equipe responsável. Para muitos assuntos técnicos específicos, profissionais externos (por exemplo, engenheiros especializados em vibrações) devem ser engajados; entretanto, seus trabalhos devem seguir a estratégia de controle especificada e deve ser integrado na aproximação compreensiva designada pela equipe. Para assegurar que um programa está andando de maneira eficiente, os gerentes devem ter também, em adicional aos conhecimentos e experiência, competência gerencial.

##### *4.3.3.24.2 Alocação de Recursos Financeiros.*

Os recursos financeiros exigidos para um programa de controle e prevenção de risco têm que ser identificados e assegurados antes de começar a sua implantação. Recursos financeiros devem ser otimizados e cuidadosamente alocados em um organograma de prioridades sempre mantendo o equilíbrio apropriado entre diferentes componentes, nominalmente recursos humanos e informação, instrumentação e sistema de controle. Em certas situações, são necessários os recursos desejados para o desenvolvimento inicial da equipe. Para avaliar a sustentabilidade de um programa, custos operacionais devem ser Os recursos financeiros exigidos para um programa de controle e prevenção de riscos tem que ser identificado e assegurado antes de começar sua implantação. Recursos financeiros devem ser otimizados e cuidadosamente alocados em um organograma de prioridades sempre mantendo o equilíbrio apropriado entre diferentes componentes, nominalmente recursos humanos e informação, instrumentação e sistema de controle. Em certas situações, são necessários os recursos desejados para o desenvolvimento inicial da equipe. Para avaliar a sustentabilidade de um programa, custos operacionais devem ser apropriadamente previstos. Isto inclui, por exemplo, despesas para: manutenção, reparos e aquisição de componentes reserva para instrumentos de medição; manutenção, reparos e eventual reposição de equipamento de proteção pessoal; manutenção da competência da equipe, incluindo educação contínua e

participação em encontros científicos, contratação eventual de consultores externos, e, ampliar sistemas de informações (livros, jornais, CD-ROMs, acessos à base de dados e Internet – dependendo do tamanho e escopo do programa). Algum grau de flexibilidade financeira deve sempre ser permitida, para responder as novas necessidades que devam eventualmente aparecer das reavaliações periódicas.

#### 4.3.3.25 Educação e Treinamento

Um nível muito alto de informação, treinamento e educação são definitivamente importantes para o entendimento do significado dos efeitos da vibração na saúde e para entender possibilidades de prevenção e na redução dos níveis de vibração. É importante também verificar a efetividade dos acordos de regular e planejar nas empresas. Deste modo é importante enfatizar que instrução e educação não estão visando somente o ensinamento dos empregados como usar artifícios de proteção, mas os grupos alvo para educação e treinamento são muito extensos: empregados; representantes da saúde e segurança; bombeiros, supervisores, engenheiros e projetistas; gerencia e compradores da empresa; profissionais e gerentes; engenheiro de desenvolvimento e projetistas (inventores) de máquinas.

##### 4.3.3.25.1 *Treinamento no local de trabalho*

##### 4.3.3.25.2 *Conteúdo do Treinamento*

O empregador deve providenciar instrução, supervisão e treinamento para todos os empregados que trabalham em áreas de risco, para que eles possam realizar seus trabalhos de maneira segura e sem risco para sua saúde e segurança. O empregador deve verificar se todos os empregados com potencial de risco para exposição de vibrações no local de trabalho são treinados em relação à vibração, as fontes e propagação de vibrações.

O principal conteúdo do treinamento deve pelo menos conter:

1. O conhecimento dos níveis dos diferentes lugares no ambiente de trabalho.
2. Identificação dos riscos a saúde e segurança associada com trabalho em áreas críticas.
3. O controle de medições e procedimentos administrativos implementados para minimizar exposição a vibrações (incluindo demonstrações de equipamento de medição).
4. A necessidade de boas praticas de trabalho e manutenção periódica de maquinaria e equipamento,
5. Os deveres dos fornecedores, gerência, supervisores, empregados, higienistas do trabalho,



6. A avaliação e uso de informação, incluindo declarações e esquemas estimativo,
7. A própria seleção, avaliação e manutenção, a proteção e a importância do uso de proteção todo o tempo, (incluindo os exercícios práticos).

#### *4.3.3.25.3 Tempo do Treinamento*

O empregador deve assegurar que treinamento é oferecido:

- antes que um primeiro empregado comece a trabalhar em uma área de risco;
- quando nova maquinaria ou equipamento é planejado para ser instalado;
- quando existe uma mudança no controle de medição de vibração usado ou uma mudança no regulamento ou planejamento gerencial;
- quando existe nova informação avaliável em assunto de saúde e segurança concernente a vibração.

#### *4.3.3.25.4 Grupos alvos de treinamento no local de trabalho.*

1. Todos os empregados que trabalham em área de risco e os seus representantes de saúde e segurança.
2. Pessoas responsáveis pelo layout do local de trabalho, plantas, compras e manutenção de maquinaria e equipamento, isto é, engenheiros internos, supervisores e projetistas.
3. Pessoas responsáveis para controle de medidas incluindo a aquisição e manutenção de equipamento de proteção.

#### *4.3.3.25.5 Métodos de Treinamento*

Treinamento no trabalho deve ser empreendido por um operador competente familiarizado com efeitos da vibração, medição e controle de engenharia e familiarizado com os planos da empresa para redução de vibração.

Outras considerações devem ser feitas em desenvolvimento e provimento de programas de treinamento, tais como:

- Como estar seguro que o conteúdo do treinamento está claramente entendido pelos participantes.

- Aqueles empregados e outras pessoas que estão sendo treinados não devem ser exigidos para qualquer procedimento depois do treinamento podendo causar riscos à saúde e segurança deles e dos outros empregados.
  - Qualquer necessidade especial dos participantes no treinamento como habilidades específicas, experiência de trabalho, etnia e idioma original, aptidão e idade.
  - Devendo ser um treinamento diferenciado para indivíduos, ou para grupos mistos no local de trabalho: em muitos casos seria apropriado misturar diferentes grupos de empregados, engenheiros e grupo administrativo para obter mais experiência, boas sugestões para redução dos níveis de vibração e também treinar os diferentes grupos cooperativamente.
- O treinamento deve ser conduzido de uma maneira que permita dois caminhos de comunicação - como também adquirir novas idéias para os próximos treinamentos.

#### *4.3.3.25.6 Treinamento fora do local de trabalho*

Cursos de treinamento relativo à vibração, incluindo todos os tipos de nova informação, devem ser realizados por higienistas ocupacional e executivos da área de segurança e saúde. E de especial importância que educação nas Universidades também incluem aspectos sobre vibração do trabalho e vibração ambientais, assim, os futuros projetistas de maquinaria e equipamento em um estagio cedo conheça a importância da redução da vibração. A OMS recomenda que a:

“Educação com relação ao risco da super exposição à vibração deve visar não somente os gerentes, trabalhadores e todos os profissionais relacionados ao local de trabalho, mas deve começar com as crianças nas escolas e também incluir o público em geral”.

Campanhas educacionais devem seguir estratégias adequadas e utilizar materiais apropriados para cada grupo alvo. A mídia, por exemplo, é uma excelente ferramenta para educar o público geral.

#### *4.3.3.26 Protetores Pessoais*

Apesar de grande progresso em controle tecnológico de vibração, existe muita situação onde a engenharia de redução não é nem economicamente e nem tecnicamente possível. Também em muitas situações práticas, máquinas e processos de muitos anos podem ser

modificados e substituídos. Portanto, nestes casos, ou durante o período em que a ação de controle está sendo empreendida, a proteção pessoal deve ser usada como uma solução interina. O uso de protetor pessoal é uma solução em muitas situações onde um trabalhador é exposto para altos níveis por períodos curtos de tempo.

#### *4.3.3.26.1 Seleção de equipamento de proteção pessoal ou individual*

Um EPI corretamente selecionado deveria propiciar redução suficiente de vibração para remover o risco de dano, e ao mesmo tempo assegurar o melhor nível disponível de conforto. A aceitação de proteção de vibração é fortemente ligada à probabilidade de como está sendo usado. Para obter em uso 100% de redução de vibração, o conforto deveria ser considerado. Deve ser enfatizado que o protetor de vibração tem que ser usado por todo o tempo que o trabalhador estiver em uma área vibratória. Se o equipamento de proteção pessoal não for usado todo o tempo, a redução nominal não ocorrerá. Assim é muito importante que o equipamento de proteção deva ser aceito pelo usuário. A seleção de um equipamento de proteção pessoal de vibração deve ser feita sob de um ponto de vista global (inclusive conforto) e não só em base da curva de redução de vibração.

Não tem sido possível achar um método de medir o conforto dos equipamentos de proteção pessoal, pois se trata de uma avaliação objetiva, que varia significativamente de uma pessoa para outra.

A OMS recomenda que como qualquer equipamento de proteção pessoal, estes dispositivos de proteção de vibração devem ser considerados como medida de "último recurso", ou para uso esporádico ou temporário. Todos os esforços deveriam ser feitos para reduzir os níveis no ambiente de trabalho. Uma provisão de proteção de efetividade duvidosa ou desconhecida é inaceitável. Para assegurar efetividade de dispositivos de proteção, é imperativo que a qualidade seja avaliada, para cada tipo e fabricante, instituições nacionais devem considerar ou requerer tais avaliações. Além disso, até mesmo equipamento de proteção pessoal de qualidade provada precisam ser avaliados por trabalhadores individuais, equipamentos de proteção deveriam ter selos de qualidade, marca de conformidade que são representativos da sua performance no ambiente de trabalho. Devem ser promovidas pesquisas sobre o desenvolvimento de novos materiais e do uso de controle ativo de vibração para redução de vibração de larga-faixa de frequência.

No Apêndice A é apresentado uma planilha do programa de controle e prevenção de riscos da exposição às vibrações, proposto neste capítulo, considerando as informações observadas no estudo de caso sobre vibrações ocupacionais de mãos e braços e, também nas entrevistas realizadas durante as abordagens aos trabalhadores expostos às vibrações e aos especialistas atuantes em prevenção da exposição às vibrações. Nesta planilha são aplicados os dados de interesse estudados no capítulo cinco deste trabalho.

## **5 CAPITULO V - METROLOGIA DE VIBRAÇÃO OCUPACIONAL**

### **5.1 ESTUDO DE CASO: EXPOSIÇÕES DE VIBRAÇÃO TRANSMITIDA AS MÃOS E BRAÇOS (VMB) NA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Para avaliação da vibração transmitida às mãos e braços deve-se utilizar metodologias adequadas a realidade encontrada no campo para que haja uma reprodutibilidade entre avaliações realizadas por diferentes especialistas. A atividade econômica que mais expõe os colaboradores às vibrações elevadas é a da construção civil, onde as ferramentas vibratórias são usadas com intermitência (MANSFIELD, 2003). Nos itens seguintes são apresentadas medições realizadas durante a elaboração da dissertação com o apoio de uma empresa atuante em tecnologia ambiental e de segurança ocupacional. Tal medição foi um dos requisitos da fiscalização da DRT (Delegacia Regional do Trabalho) para permissão da obra de um presídio.

#### **5.1.1 Proposição do estudo de caso**

O estudo de caso busca apresentar uma medição da exposição a vibrações no corpo humano durante as atividades mais críticas por Grupo Homogêneo de Exposição (GHE), para fins de controle e prevenção de risco à exposição de vibrações. São seguidas as recomendações e limites das Normas ISO 2631 (1997) para o caso de corpo inteiro e recomendações da ISO 5349 (2001) com os limites da ACGIH (1999) para vibrações localizadas em mãos e braços.

O critério de avaliação será o mais conservador, isto é, serão consideradas as curvas bases de ponderação da vibração no corpo humano e a medição da vibração mais elevada devido a fontes de impactos das atividades desempenhadas pelos colaboradores.

O estudo do caso descreve exposições de trabalhadores à vibração no uso de ferramentas manuais para concretagem, uso de martetele e serviços de serralheria para os trabalhos em blocos de concreto reforçado e corte de madeira, respectivamente.



**Figura 24** - Exposição de mãos e braços às vibrações no uso de martetele em concreto

### 5.1.2 Metodologia de medições

Inicialmente realizou-se um procedimento de verificação do sistema de medição com um calibrador manual. Este sistema é composto por um acelerômetro marca PCB do tipo ICP, pré-amplificado e de um analisador RTA modelo 2800 da Larson Davis. Na verificação da cadeia de medição foi utilizado um calibrador manual “mini-shaker”, tipo 1 (incerteza de 3%), da marca PCB modelo 394M23 como referência, que emite uma aceleração de  $9,84 \text{ m/s}^2$  na frequência de 79,6 Hz., com a função de fornecer nível de sinal conhecido de vibrações antes e após as medições.

As medições foram realizadas em escala logarítmica (dB) para posteriormente serem convertidas em aceleração rms ( $\text{m/s}^2$ ). A média da aceleração ponderada no tempo é obtida medindo-se o “Leq”. Para corpo inteiro o nível medido é convertido para um nível de aceleração ponderada ( $a_p$ ) e calculado o nível global correspondente para a comparação com os níveis de exposição permitidos. Para mãos e braços a norma utilizada é a ISO 5349 (2001) que não estabelece critério limite em função do tempo de exposição na atividade. Portanto, foram adotados os limites obtidos para aceleração global sem ponderação estabelecidos pela ACGIH (1999), como remete a Norma Regulamentadora NR 15 para casos específicos, conforme tabela 4.

Foram usados também, filtros analógicos de entrada e digitais do analisador defrequência para minimizar a ocorrência de sobrecarga no sistema de medição. Todas as medições foram realizadas em 1/3 de banda de oitava conforme recomendação da norma ISO 5349 (2001), muito embora no caso de VMB não haja necessidade de ponderação por banda de 1/3 de oitava de frequência.

Conforme a metodologia e considerando também os procedimentos de medição da ISO 8041(1999), a medição obtida foi realizada em dB e foi convertida para aceleração “rms” conforme conversão a seguir:

$a = 10. \text{ (dB/20) } .9,807$	Eq. (5.1)
-----------------------------------	-----------

onde:  $a$  - aceleração em  $\text{m/s}^2$

dB - aceleração em dB

Para todo os tipos de ferramentas, o operador deve mudar o aperto final dependendo da operação. A mudança no sistema de coordenadas biodinâmicas e basicêntricas devido aos diferentes apertos é aleatória. Porém, as “emissões” de vibrações que não são transmitidas diretamente pelo contato não precisam ser consideradas ao executar uma avaliação de risco segundo a Diretiva Européia.



**Figura 25** - Exposição de mãos e braços no uso com martetele em estruturas

### 5.1.3 Rastreabilidade

Nas cadeia de medições de vibrações foram usados um Analisador Larson Davis 2800 de vibração humana tipo: 1 (incerteza de  $\pm 3,5\%$ , compatível com a norma ISO 8401) e acelerômetros PCB Piezotronics SEN021F do tipo ICP ( $\pm 2\%$ ) e uma base magnética triaxial cujo o conjunto foi montado na manopla das ferramentas com uma braçadeira especial. O calibrador PCB modelo 394M23 foi usado para garantir a rastreabilidade da cadeia de medição. Ambos os equipamentos foram calibrado no Inmetro, conforme as boas práticas metrológicas recomenda.

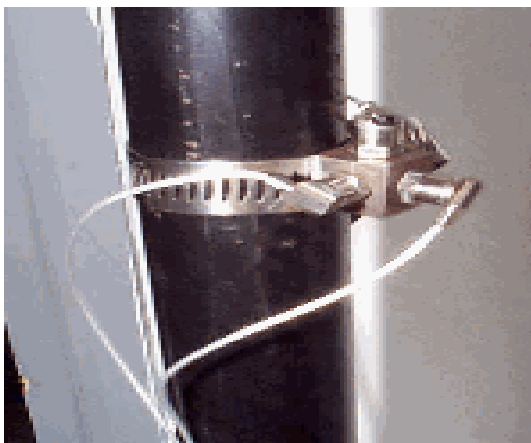
### 5.1.4 Montagem do sistema de medição

As medições foram realizadas no eixo  $x$ ,  $y$  e  $z$ , sendo  $z$  na direção da palma da mão, conforme figura 13, utilizando-se de uma cinta e de um círculo, ambos de aço, para posicionamento na luva ou na ferramenta. O acelerômetro foi fixado com uma base magnética neste círculo e as medições foram realizadas durante a atividade normal do operador.

### 5.1.5 Resultado das medições

Três medidas foram executadas durante a atividade do operador num intervalo mínimo de 120 segundos. Foram realizadas medições de vibração localizada em mãos e braços nas três direções e em quatro (4) grupos homogêneos de exposição (GHE) no canteiro de obra da empresa de Engenharia. Verificou-se que após este tempo a média do nível de aceleração não se altera significamente. Todos os valores de aceleração obtidos das operações realizadas com martetele excederam o valor limite na projeção para 8 horas, além disso, tais valores também excederam o limite de ação após o uso da ferramenta durante 1 hora no caso do martetele e 4 horas para a serra circular. As ferramentas mais severas encontradas na obra foram as usadas na concretagem e principalmente na utilização do martelo pneumático.





**Figura 26** - Montagem do transdutor nas ferramentas manuais vibratórias



**Figura 27** - Montagem para medição de transdutor em britadeira

### **5.1.6 Resultados por Grupo Homogêneo de Exposição (GHE)**

Para cada Grupo Homogêneo de Exposição será apresentado apenas o resultado na direção de maior vibração, conforme a metodologia de avaliação empregada. Foram avaliadas as operações envolvidas com a atividade para segurança do trabalhador e do equipamento, e,

realizadas medições durante as operações mais críticas. Uma média em 1/3 de banda de oitava da aceleração ( $L_{eq}$ ) em  $m/s^2$  das amplitudes nas frequências de 0,8 Hz a 1250 Hz (VMB) será o nível global que representará a exposição do GHE em análise.

**Tabela 6** - Resultados de medições de vibrações na direção de maior magnitude

<b>Operação : Máquina ou Ferramenta</b>	<b>Local</b>	<b>Operador</b>	<b>Medição: Aceleração Global</b>	<b>Recomendação (conforme Tab 3.2)</b>
Serra circular de mesa	Serralheria da obra	Carpinteiro	( $a_{lin}$ ) 4,92 $m/s^2$ na direção z	Atividade contínua de serralheria não deve superar 3 horas
Ferramenta pneumática de concretagem (Vibrador)	Concretagem de parede	Servente	( $a_{lin}$ ) 4,21 $m/s^2$ na direção y	Atividade contínua de concretagem não deve superar 3 horas
Martelete pneumático de acabamento	Acabamento de parede	Servente	( $a_{lin}$ ) 22,23 $m/s^2$ na direção z	Atividade contínua com martelete não deve superar 1 hora

**Tabela 7** - Resultados de vibrações medidas comparados com os valores da Diretiva Européia

<b>Máquina / Ferramenta</b>	<b>Aceleração Global (<math>a_{lin}</math>) Vibração no pior eixo (<math>ms^{-2}</math> r.m.s.)</b>	<b>Diretiva européia Valor do nível de ação (8 horas)</b>	<b>Diretiva européia 2 Valor limite ou Tolerância (8 horas)</b>
Serra circular de mesa	4,92 $m/s^2$	2,5 $m/s^2$	5,0 $m/s^2$
Ferramenta pneumática de concretagem (Vibrador)	4,21 $m/s^2$	2,5 $m/s^2$	5,0 $m/s^2$
Martelete pneumático de concretagem	22,23 $m/s^2$	2,5 $m/s^2$	5,0 $m/s^2$

Tempos permitidos para não exceder o limite de ação:

- Serra circular ~ 4 horas para uma vibração de 4,92  $m/s^2$
- Ferramenta pneumática de concretagem ~ 4,7 horas para uma vibração de 4,21  $m/s^2$
- Martelete pneumático de concretagem ~ 1 Hora para uma vibração de 22,23  $m/s^2$

### 5.1.7 Considerações sobre o caso estudado

O nível de vibração medido ( $a_{lin}$ ) foi obtido durante a atividade sem prejuízo na operação. Atividades que superam o tempo recomendado para o GHE avaliados devem ser consideradas insalubres. Medidas de controle como o uso de luvas especiais (antivibratórias), dispositivos e filtros mecânicos podem ser empregados como medidas de controle. Caso contrário, deve-se limitar o tempo de exposição.

Para as ferramentas avaliadas, a frequência de vibração predominante variou de 50 a 70 Hz, o que está de acordo com a frequência da rede elétrica.

Comprovação da neutralização do agente físico de vibrações com o uso de EPI (Luvas) no caso de vibrações localizadas (mão e braços) é muito complexo, pois não existe até o momento um procedimento padronizado para a realização das medições com EPI. O que é diferente no caso de vibração no corpo inteiro.

## 5.2 ESTUDO DE CASO: EXPOSIÇÕES DE VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO CORPO INTEIRO (VCI)

Para avaliação de vibrações transmitidas ao corpo inteiro (VCI) foram realizadas medições em um aeroporto de uma capital brasileira nas atividades de operação de varredora de pista e de empilhadeira usadas em terminal de cargas.

### 5.2.1 Metodologia

Para avaliação da vibração transmitida ao corpo inteiro foram utilizados acelerômetros do tipo ICP e base magnética triaxial conforme exemplo do estudo de caso anterior. Para a medição das operações de corpo inteiro fixou-se o transdutor no assento do banco com adesivo tipo cianoacrilato colocando uma espuma de poliuretano entre o assento e o corpo do operador sentado (superfície de interesse).

Conforme recomendado pela NR15, Anexo 8, foram medidas as vibrações nas três direções ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) e escolhidas as acelerações de maiores valores para comparação com os limites permitidos pela norma ISO 2631 (1997), que também recomenda a utilização da faixa de medição de 0,63 Hz a 100 Hz em terças de oitava de frequência.

### 5.2.2 Resultados de Medição

Segundo a avaliação realizada a direção mais relevante foi a do eixo “z” (coluna vertebral). A coluna “P” da tabela a seguir é relativa a ponderação por 1/3 de banda de oitava recomendada pela norma 2631 (1997). Os limites para aceleração ponderada em função do tempo de exposição são estabelecidos conforme tabela a seguir:

**Tabela 8** - Limites para aceleração ponderada em função do tempo de exposição ISO 2631 (1997)

Limites	de exposição da ISO	2631
Tempo (horas)	$a_p$ (m/s <sup>2</sup> ) (P)	Dose (%)
1	2.50	100
2	1.77	100
3	1.44	100
4	1.25	100
5	1.12	100
6	1.02	100
7	0.94	100
8	0.88	100

### 5.2.3 Avaliação das atividades de operação de varredora de pista

As avaliações na varredora de pista CMV 265 ocorreram com a máquina operando na velocidade de 1800 rpm, aproximadamente 20 km / h, sempre considerando o corpo inteiro como região atingida. Sendo que a primeira avaliação ocorreu na direção z e a segunda avaliação na direção x.

**Tabela 9-** Resultados de avaliações nas direções “z” e “x” - Varredora modelo CMV 265

Eixo na Direção Z		Eixo na Direção X	
Hz	dB	$a_p$ m/s <sup>2</sup> (ISO 2631)	$a$ (m/s <sup>2</sup> )
1,0	-36,3	0,152798	0,073726
1,3	-36,2	0,154568	0,074924
1,6	-31,9	0,253582	0,125348
2,0	-30,8	0,287818	0,152974
2,5	-28,9	0,358194	0,225745
3,2	-21,3	0,859247	0,690428
4,0	-27,0	0,445778	0,431140
5,0	-36,1	0,154682	0,160038
6,3	-36,5	0,149320	0,157441
8,0	-41,6	0,083008	0,086024
10,0	-41,0	0,088944	0,087926
12,5	-43,1	0,069842	0,063040
16,0	-44,2	0,061534	0,047328
20,0	-42,1	0,078364	0,049845
25,0	-47,6	0,041602	0,021336
31,5	-43,7	0,065181	0,026370
40,0	-38,2	0,122777	0,038603
50,0	-37,6	0,131558	0,032331
63,0	-35,2	0,173428	0,032257
80,0	-39,4	0,106935	0,014162
<b>Nível Global</b>		<b>1,21</b>	<b>0,94</b>
			<b>0,57</b>
			<b>0,39</b>

Fonte: 3R Brasil Tecnologia Ambiental

O nível de vibração ponderado ( $a_p$ ) é de 0,94 m/s<sup>2</sup> para o eixo “z”, valor foi calculado para vibração segundo tabela 8 do limite de exposição da ISO 2631 (1997), apresentando-se abaixo dos níveis considerados insalubres no caso da atividade diária exercida num período menor que 7 horas. Para vibração ponderada no eixo “x”, ( $a_p$ ) é de 0,94 m/s<sup>2</sup>, o valor calculado, também, está abaixo dos níveis permitidos.

#### 5.2.4 Avaliação das atividades de operação de empilhadeira no terminal de cargas

As avaliações na empilhadeira à gás de 2,5 toneladas, usada no terminal de cargas, ocorreram com a máquina operando na velocidade baixa, sempre considerando o corpo inteiro como região atingida. Sendo que a primeira avaliação ocorreu na direção z e a segunda avaliação na direção x.

**Tabela 10** Resultados de avaliações nas direções “z” e “x”- Empilhadeira a gás

Hz	Eixo na	Direção Z		Eixo na	Direção X	
	dB	$a$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_p$ m/s <sup>2</sup> ( ISO 2631)	dB	$a$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_p$ m/s <sup>2</sup> ( ISO 2631)
1,0	-45,1	0,055478	0,026768	-36,1	0,156357	0,075443
1,3	-44,8	0,057427	0,027837	-36,9	0,142600	0,069122
1,6	-44,6	0,058765	0,029048	-37,5	0,133082	0,065784
2,0	-43,2	0,069043	0,036696	-38,1	0,124199	0,066011
2,5	-29,1	0,350040	0,220606	-31,8	0,256518	0,161666
3,2	-28,7	0,366537	0,294522	-35,8	0,161852	0,130052
4,0	-25,2	0,548426	0,530418	-34,9	0,179522	0,173627
5,0	-36,2	0,154568	0,160553	-38,1	0,124199	0,129008
6,3	-41,7	0,082057	0,086520	-43,3	0,068252	0,071964
8,0	-43,0	0,070651	0,073218	-45,4	0,053594	0,055542
10,0	-42,9	0,071469	0,070651	-42,5	0,074837	0,073981
12,5	-44,2	0,061534	0,055542	-44,4	0,060134	0,054277
16,0	-45,3	0,054215	0,041698	-48,7	0,036654	0,028191
20,0	-48,6	0,037078	0,023584	-49,5	0,033429	0,021263
25,0	-46,7	0,046144	0,023666	-50,9	0,028452	0,014592
31,5	-39,5	0,105711	0,042768	-44,2	0,061534	0,024895
40,0	-41,1	0,087926	0,027645	-39,3	0,108173	0,034011
50,0	-40,7	0,092070	0,022627	-38,8	0,114582	0,028159
63,0	-39,3	0,108173	0,020120	-40,3	0,096409	0,017932
80,0	-40,9	0,089974	0,011916	-37,2	0,137758	0,018244
<b>Nível Global</b>		<b>0,82</b>	<b>0,69</b>		<b>0,54</b>	<b>0,36</b>

Fonte: 3R Brasil

O nível de vibração ponderado para a eixo “z” ( $a_p$ ) é de  $0,69 \text{ m/s}^2$  e para o eixo “x” nível de vibração ponderada ( $a_p$ ) é de  $0,36 \text{ m/s}^2$ . Os valores foram calculados segundo a tabela 8 de limite de exposição da ISO 2631 (1997), e se apresentaram abaixo dos níveis permitidos para o tempo de trabalho na atividade.

**Figura 28** – Empilhadeira à gás de movimentação de cargas

### 5.3 INCERTEZA NA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL EM VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

De acordo com a Diretiva EU 44/2002 a avaliação do nível de exposição à vibração está baseado no cálculo de exposição diária A(8) expressa como aceleração contínua equivalente um período de oito horas, calculado de acordo com a norma ISO 2631-1(1997). Provando que o método adotado da avaliação deve ser representativa da exposição pessoal dos trabalhadores para a vibração mecânica. É sabido que há grandes variações da magnitude de vibração dentre as categorias de veículos (PINTO;STACCHINI, 2005). Uma avaliação de exposição seria incorreta, se fosse assumido que uma única medida de vibração em um veículo representaria a exposição de vibração dos trabalhadores em todas as condições. A incerteza na avaliação de exposição de vibração diária A(8) é influenciada pela incerteza da avaliação de magnitude de vibração e pela incerteza da avaliação de duração da exposição.

Até que ponto estes fatores afetam a avaliação de exposição de vibração diária só pode ser determinado em avaliação de campo em diferentes lugares de operação. Para fazer uma avaliação mais realista das fontes pertinentes de incerteza que afeta A(8) em diferentes condições de funcionamento, apresenta-se uma metodologia não conclusiva obtida da literatura para complementar a estratégia de gestão pretendida na dissertação.

#### 5.3.1 Recomendações para medições

Diariamente vários motoristas de diferentes categorias de veículo são expostos à vibração, incluindo, empilhadeiras, tratores, máquinas de terraplanagem, caminhões, aeronaves, e ônibus são avaliados em diferentes condições de trabalho.

Em cada medição de vibração no veículo, deve ser considerado o posicionamento na direção dos 3 (três) eixos (assento, atrás do encosto, chão) usando acelerômetros e discos semi-rígidos. Os sinais dos acelerômetros devem ser adquiridos por um registrador digital e analisado preferencialmente com o uso de um computador digital conectado ao sistema de análise. Recomenda-se a digitalização da forma de onda da aceleração com um número grande de amostras por segundo, para avaliação dos dados de acordo com ISO 2631 (1997).

As condições ideais para obtenção das múltiplas medições em cada veículo durante um ciclo típico de trabalho adotado nos diferentes locais, deve considerar as incertezas a seguir:

1. A incerteza na estimativa da duração da exposição deve ser avaliada calculando os seguintes componentes de influências:

- estimativas de tempo de exposição provida pelos operadores;
- variação da tarefa de trabalho de um dia para outro.

2. A incerteza das medições de vibração deve ser calculada através de repetidas medições, buscando-se isolar as diferentes fontes de incerteza:

- Mudanças nos métodos de trabalho dos operadores: medições repetidas devem ser realizadas no mesmo veículo e ciclo, trabalhando com diferentes motoristas;
- Mudanças nas características e condições da máquina: devem ser realizadas repetições das medições em veículos semelhantes com os mesmos ciclos trabalhados e com o mesmo operador;
- Mudanças nas características da superfície de trabalhos: 3-10 repetições das medições devem ser realizadas em superfícies de trabalhos diferentes com o mesmo veículo e com o mesmo operador.

Calcula-se então a incerteza relativa  $\delta (A8)$  como mostrado na equação 5.2, aplicando a teoria de propagação de erro de variáveis não correlacionadas:

$$\delta (A8)/A8 = \{(\delta (a_p) / a_p)^2 + (0.5 \delta (t_e) / t_e)^2\}^{1/2} \quad (\text{eq.5.2})$$

onde:

$$\delta (a_p) = \{ [(\delta_1(a_p) )]^2 + [(\delta_2(a_p) )]^2 + [(\delta_3(a_p) )]^2 + [\delta_{\text{inst}} (a_p) ]^2 \}^{1/2} \quad (\text{eq. 5.3})$$

$\delta (a_p)$ , incerteza do valor r.m.s. da aceleração ponderada em frequência ;

onde o índice (i =1,3) é referente aos 3 diferentes conjuntos das medições repetidas e registradas;

$\delta_{\text{inst}}(a_p)$ , incerteza do valor r.m.s. da aceleração ponderada em frequência devido ao conjunto de medida;

$t_e$  = tempo de exposição do trabalhador;

$\delta (t_e)$  = incerteza de  $t_e$ .



### 5.3.2 Considerações sobre a incerteza à exposição de VCI.

A tabela 11 mostra uma simulação utilizando os dados medidos dos estudos de caso relativos as varredoras e empilhadeiras de aeroporto e tratores usados em manutenção de grande área de jardins. Os resultados obtidos revelam os componentes mais relevantes de incerteza que quando pesquisados contribuem de maneira efetiva com à incerteza de A8 avaliada nos diferentes locais de trabalho, desta forma, fornecendo informações interessantes para algumas medidas técnicas e administrativas.

**Tabela 11** - Componentes de incerteza de A8 mais relevantes em diferentes condições de trabalho.

<b>Tipo de Veículo</b>	<b>nº de veículos</b>	<b>Local de trabalho</b>	$\delta_3(a_p) / a_p$ (%)	$\delta_2(a_p) / a_p$ (%)	$\delta(\text{te})/\text{te}$ (%)	$\delta_1(\text{A8})/\text{A8}$ (%)
Tratores	(2)	Manutenção de Jardins	15,1	26,5	5	31
Empilhadeira	(1)	Aeroporto	14,0	17	10	24
Varredora	(1)	Aeroporto	10,5	23,4	20	27

### 5.3.3 Conclusões sobre o estudo de Incerteza em VCI

Na análise dos componentes de incerteza mais pertinentes na avaliação de risco de vibração no corpo inteiro (VCI), observou-se que possíveis mudanças nas características das máquinas e das superfícies e tipos de pisos, parecem ser dentre todos os fatores de contribuição os que mais influenciaram nos resultados.

Outro ponto importante que merece destaque é o caso das empilhadeiras. Normalmente as empresas adotam os pneus duros e maciços ou invés dos pneus com câmara. Premia-se, neste caso, a operação insegura da empilhadeira em detrimento da saúde e segurança, visto que, é muito mais caro e improdutivo trocar constantemente os pneus por perda devido ao mau uso do equipamento.

Deve ser observado que o ideal seria uma amostragem com um número diversificado de veículos, conduzido por diferentes operadores, que permita conjuntos de medidas em multieixos para análise nos diferentes campos de uso.

## 5.4 ENTREVISTAS

Procurando pesquisar e montar uma base de dados de conhecimentos e foram colhidas informações em entrevistas com: especialistas, consultores, prestadores de serviço de diferentes áreas que medem e ou analisam os efeitos de vibrações humanas em indivíduos expostos a vibrações nos seus ambientes ou condições de trabalho. As entrevistas foram do tipo semi-estruturadas e realizadas nos próprios locais de trabalho, sendo que no caso dos profissionais consultados que atuam no controle de prevenção de riscos de exposição às vibrações, as entrevistas foram realizadas através de contato pessoal, telefone e e-mail. As declarações foram registradas em forma de gravação e outras observações pertinentes foram anotadas em um caderno de pesquisa. Tomou-se o cuidado de não registrar o nome das empresas e de não identificar os participantes das entrevistas.

Os depoimentos tomados com trabalhadores e os outros entrevistados, foram realizados com base nos seguintes questionamentos com relação à exposição de vibração ocupacional:

- Você sente dormência ou perda da sensibilidade nas mãos após utilizar máquinas vibratórias manuais?
- Você sente dores nas costas frequentemente no exercício das suas atividades profissionais?
- Você sente a visão turva, insônia, cansaço muscular, cãibras ou algum tipo de dores localizadas ?
- É fornecido e utilizado EPI para trabalhos com ferramentas vibratórias manuais?
- Alguma informação ou treinamento é repassado sobre os riscos da exposição à vibração?
- Existe acompanhamento médico com relação à exposição ocupacional a vibração?
- Os EPI são selecionados adequadamente?
- Quais são os efeitos na saúde da vibração de corpo inteiro e vibração de mão-braço?
- Quais são os fatores de riscos ocupacionais as vibrações mais influentes?
- Por que medir ou avaliar exposição de vibração humana?
- Como você pode medir vibração humana?
- Há métodos para controlar exposição à vibração?
- Qual a relação entre ergonomia e o controle de medições?
- A implementação de Sistemas de Gestão proporcionaria uma boa perspectiva na SSO?

- Qual o tipo de instrumentação usada nas medições de vibrações ocupacionais?
- Os equipamentos usados em medições de vibrações humanas são calibrados periodicamente?
- Quais as necessidades de calibrações de instrumentação de medições de vibrações humanas?
- A NR 15 atende as necessidades de avaliação e controle dos expostos a vibrações?
- A elaboração de normas brasileiras, regulamentos técnicos e legislação específica atualizada seria uma boa alternativa de controle e prevenção de vibrações?
- Existem técnicas de medições de vibrações humanas mais efetivas que as comumente usadas?

#### 5.4.1. Excerto das entrevistas com os trabalhadores

A seguir, é apresentada uma seleção de trechos das entrevistas semi-estruturadas realizadas com os trabalhadores onde é evidente o desconhecimento com relação aos riscos de exposição às vibrações.

“Não sinto nada de dormência nas mãos, e sim, dor nas costas por causa da posição que eu seguro a roçadeira (de fios de nylon e motor a gasolina) e o peso do motor nas costas [...] mas quando estou cortando a grama com a outra roçadeira (tipo hélice) e a lâmina faz vibrar o cabo sinto as mãos e os braços cansados”.  
(TRABALHADOR 1 - MOTO-ROÇADEIRA).



**Figura 29** - Operações com moto-roçadeira – mãos, braços e ombros

“Os equipamentos de proteção individuais usados por nós são óculos e protetor auricular (tipo plug) e luvas de tecido como prevenção [...] o uso são durante a operação [...]” (TRABALHADOR 2 - MOTO-ROÇADEIRA).

“O manual da roçadeira traz algumas orientações sobre como minimizar os efeitos de vibração [...] o fabricante segue os critérios americanos [...]”. (TRABALHADOR 2 - MOTO-ROÇADEIRA).

“São feitas poucas paradas durante o período de trabalho, a rotina é a seguinte, ligo o trator, e fico trabalhando com ele funcionando até as paradas obrigatórias”. (TRABALHADOR 3 - TRATORISTA).

“A maior vibração que eu sinto é no assento do operador, na operação de corte da grama [...] fico preocupado porque uma vez alguém falou que o assento tem uma tremedeira (ressonância) que afeta a coluna vertebral [...] quando trabalho com o arrasto aumenta o desconforto no assento[...]” (TRABALHADOR 3 - TRATORISTA).

“O manual da roçadeira traz algumas orientações sobre como minimizar os efeitos de vibração [...] o fabricante segue os critérios americanos [...]”. (TRABALHADOR 2 - MOTO-ROÇADEIRA).

“O manual da roçadeira traz algumas orientações sobre como minimizar os efeitos de vibração [...] o fabricante segue os critérios americanos [...]”. (TRABALHADOR 2 - MOTO-ROÇADEIRA).

“[...] alguns colegas ficam muito mais ‘pertubados’ com o barulho e o pó que sai quando estamos quebrando o chão, isso a céu aberto, imagina em local fechado [...] então, colocamos o protetor auricular, óculos, luvas e alguns usam a máscara, e ficamos mais seguro [...] agora eu, depois que acabo de trabalhar com a britadeira sinto os meus braços pulando por um bom tempo como não tivesse ainda parado com a britadeira” (TRABALHADOR 4 – OPERADOR DE BRITADEIRA).



**Figura 30** - Operações com trator cortador de grama - assento, mãos e braços

“[...] alguns colegas ficam muito mais ‘pertubados’ com o barulho e o pó que sai quando estamos quebrando o chão, isso a céu aberto, imagina em local fechado [...] então, colocamos o protetor auricular, óculos, luvas e alguns usam a máscara, e ficamos mais seguro [...] agora eu, depois que acabo de trabalhar com a britadeira sinto os meus braços pulando por um bom tempo como não tivesse ainda parado com a britadeira” (TRABALHADOR 4 – OPERADOR DE BRITADEIRA).

“A introdução de dispositivo de antivibração nas serras elétricas, melhorou o equipamento e reduziu as perdas de sensibilidade nas mãos, mas mesmo assim tem corte que parece que treme até os ossos” (TRABALHADOR 5 - SERRALHEIRO).

“A bancada da serra elétrica instalada na parte de fora da obra foi bom por causa do pó da madeira [...] o comando de acionamento próximo ao operador na própria bancada dá mais segurança” (TRABALHADOR 5 - SERRALHEIRO).

#### 5.4.2 Excerto das entrevistas com especialistas

Com relação aos especialistas atuantes em medição, análise e gerenciamento de riscos, existe realmente uma preocupação com a prevenção e controle dos riscos à exposição de vibrações em decorrência dos inúmeros prejuízos causados tanto na saúde dos indivíduos quanto na saúde financeira das empresas, e principalmente na perda de credibilidade do compromisso com a responsabilidade social, conforme mostram os depoimentos:

“O problema central é definir a avaliação, quer dizer, o que vai ser medido e como os valores medidos serão usados, de tal modo que dê uma boa correlação entre medidas e a sensação de conforto e segurança” (ENGENHEIRO 1).

“Mudanças súbitas de direção também atuam nos corpos das pessoas, tendendo a lançá-los fora do equilíbrio. Assim como as acelerações verticais, geradas por irregularidades de pavimento, também são considerados eventos aleatórios, porque eles dependem da velocidade do veículo e do fator imprevisível de quando essas irregularidades aparecem. Então a avaliação seria uma combinação de aceleração simples e esses eventos aleatórios de vibrações” (ENGENHEIRO 2).

“De acordo com o Instituto Nacional de Higiene Ocupacional e Segurança (NIOSH), de 2 a 4 milhões de trabalhadores no EUA são expostos a vibrações nas mãos. Muito destes trabalhadores tem ou desenvolverão sintomas associados com síndrome de vibrações de mãos e braços. Atualmente nos EUA não há nenhum regulamento obrigatório do governo que controla a homologação de luvas industriais. Assim muitas luvas são comercializadas como antivibratórias não satisfazem as exigências das normas ISO 10819 / ANSI S3.40. No Brasil não é diferente. Já, as luvas comercializadas na União Européia como antivibratórias tem que atender as rígidas exigências da norma ISO 10819” (ENGENHEIRO DE VENDAS DE EPI).

"Os acidentes que aparecem nos jornais envolvendo obras de construção civil são bons exemplos para lembrar das proteções necessárias. Fazemos reuniões para lembrá-los de usar os equipamentos. Aqui na obra, quem não usar vai embora. Muitas vezes encontramos resistências por parte deles. Mas não são todos que precisam usar os protetores. Apenas os que estão trabalhando com a britadeira utilizam essa proteção" (ENGENHEIRO DE OBRAS).

"[...]por dificuldades técnicas e econômicas, o uso de EPI é a medida mundialmente adotada e difundida por ser pouco dispendiosa e de fácil acesso [...]" (PROFESSOR DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES).

“Estudos mostram que condutores de empilhadeiras são mais susceptíveis a ter problemas de dores nas costas em comparação com um motorista comum. No momento, o único sistema usado para reduzir a vibração transmitida ao corpo do motorista é o assento com suspensão, no entanto, outra solução em desenvolvimento são cabines com suspensão de baixa frequência, equipados com limitadores que protegem o condutor contra movimento de alta amplitude ou ainda suspensão não

linear desenvolvida com controle ativo incorporado” (ENGENHEIRO DE PROJETOS).

“As razões para implantar um sistema de segurança e saúde ocupacional são múltiplas: em primeiro lugar, ajuda cumprir a legislação com facilidade, ademais o cumprimento de qualquer norma para a qual a empresa quer subscrever, como os códigos de boas práticas, as normas internas de grupo, etc.; em segundo lugar, ajuda a reduzir custos ao administrar a segurança e a saúde ocupacional como sistema integrado; em terceiro lugar apoiar a crescente pressão comercial e por último, o incremento da consciência dos investidores” (ASSESSOR e CONSULTOR PRIVADO).

“As medidas são realizadas na interface entre a pele e a fonte de vibração. Há dois tipos de sensores de vibração: os sem contato (capacitivo e indutivo) e os com contato (eletromagnético e piezoelétrico); enquanto os capacitivos e indutivos permitem a medição fora do sistema vibratório, os com contato são obrigatoriamente fixados no sistema vibratório. Métodos sem contato, por exemplo, laser, seriam bem mais exatos e práticos, por não necessitar montagem especial e intrusiva, mas não são normalmente utilizados em avaliações ocupacionais por ser sofisticado e o custo alto à níveis operacionais e contratuais” (ENGENHEIRO METROLOGISTA).

“Até poucos anos atrás, avaliação de vibração no corpo humano era pouco realizada, visto que normalmente quando se está num ambiente com vibrações elevadas, o nível de pressão sonora é bastante elevado. A avaliação da atividade por meio da dosimetria de ruído já caracterizava a atividade como insalubre” (ENGENHEIRO DE SEGURANÇA 1).

Com as recentes mudanças nas leis, a necessidade de medição da vibração vem aumentando, pois caso haja um laudo com respaldo de médicos ou engenheiros de segurança comprovando a eficácia das medidas de controle coletivo ou individual para o ruído ocupacional neutralizando a exposição e conseqüentemente a insalubridade, fica a duvida sobre a exposição à vibração” (ENGENHEIRO DE SEGURANÇA 2).

"[...]como não havia medição da vibração não houve acompanhamento médico dos trabalhadores que passaram a apresentar doenças sem saber das causas. exemplo: operadores de empilhadeiras que apresentaram problemas de coluna e foram desviados para outras funções, sem receber nenhum benefício, pois não se estabelecia nexo causal com a atividade executada. [...] recentemente, através das instruções Normativas 99 e 100 de 2004, o MPAS, através do INSS vem exigindo das empresas laudos ambientais das condições de trabalho nas atividades onde pode ocorrer exposição a vibrações” (ENGENHEIRO DE SEGURANÇA 3).

“O conceito de ergonomia diz que o trabalho, a ferramenta e o posto devem se ajustar e se adaptar ao trabalhador. Em relação à ferramenta, a distribuição de peso, balanceamento, manuseio, tipo e tamanho, é que determina uma ferramenta ergonomicamente bem desenhada e sua empunhadura permite às mãos e punhos do operador ficar em uma posição correta para minimizar os fatores de risco para aquisição da síndrome do túnel de carpo. [...]” (ESPECIALISTA EM ERGONOMIA).

“ [...] se nenhuma tentativa for feita para amortecer e/ou isolar a fonte de vibração, o projeto ergonômico transfere vibração mais efetivamente às mãos. Por outro lado, se a preocupação for unicamente com questões de controle/atenuação de vibração e esquece as ergonômicas, o uso de ferramentas resultará em um grande número de casos da síndrome do túnel de carpo. Nesse caso, a exposição à vibração de extremidade pode produzir a síndrome de vibração e a síndrome do túnel de carpo [...] a forma de prevenção consistiria na implementação de projeto ergonômico e controle da vibração, luvas antivibração e na redução da exposição adotando períodos de repouso” (ENGENHEIRO DE SEGURANÇA 4).

"Trabalhadores que operam máquinas manuais, principalmente perfuratrizes pneumáticas e britadeiras – mesmo se por uma hora ao dia - podem sofrer efeitos da vibração nas mãos e nos braços. A síndrome do ‘dedo branco’ ou ‘dedo morto’ começa com dormência nos dedos e pode acabar em gangrena. Não há cura para a síndrome do dedo branco [...]" (MÉDICO DO TRABALHO).

"Para prevenir e controlar a síndrome do ‘dedo branco’, deve-se evitar o uso do equipamento durante longos períodos e operar com breves acionamentos; usar equipamento moderno com amortecedor de vibrações; consertar ou substituir o equipamento velho ou adaptar cabos antivibratórios; segurar o cabo da maneira mais leve possível; apoiar as ferramentas pesadas de modo que o aperto da mão seja menos forte; manter em bom estado as ferramentas vibradoras para minimizar os níveis de vibração. Esses cuidados são necessários, porque, não há equipamento de proteção pessoal de comprovada eficácia contra a síndrome de vibração de mãos e braços [...]" (ENGENHEIRO DE MINAS).

## 5.5 ANÁLISE FINAL DO ESTUDO

A coleta realizada relativa as informações observadas nos resultados de medições e nas entrevistas são analisadas e as percepções discutidas com base no tratamento dos dados, em forma de considerações conclusivas.

- profissionais, entidades e órgãos governamentais têm reunido forças em prol da integridade física dos trabalhadores, normas que regulamentam o setor passam por revisão e a implantação de sistemas de gestão também contribui para a melhoria das condições e meio ambiente do trabalho. No entanto, há muito que se fazer, pois os acidentes e doenças ocupacionais são preocupantes, segundo números divulgados pelo MTE, 2.898 pessoas morreram em decorrência de acidentes de trabalho e 15.029 ficaram inválidos no ano de 2002. Por outro lado, as informações da OIT revelam que o número pode chegar ao dobro dos que constam nos relatórios oficiais tendo em vista o aumento significativo do mercado informal.
- O gasto com acidentes no Brasil totaliza R\$ 23 bilhões, ou 2,2% do Produto Interno Bruto (PIB), em 2003, segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social, as lesões de punho e da mão representaram 34,20 % dos acidentes. Entre as doenças relacionadas ao trabalho mais frequentes estão as Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbios Ósteo-Musculares relacionados ao trabalho (LER/DORT);
- cabe ressaltar que acidentes e doenças relacionados ao trabalho são danos previsíveis e, portanto, evitáveis. Trabalhos em máquinas e equipamentos obsoletos e inseguros são

responsáveis por cerca de 25% dos acidentes do trabalho graves e incapacitantes registrados no país. (Mendes, *et al*, 2003) ;

- é difícil definir limites de tolerâncias para o caso das vibrações de mãos e braços nos quais estão envolvidos vários efeitos associados, tais como, o vascular, o neurológico e o musculoesquelético. Esses distúrbios são conhecidos impropriamente por síndrome de Raynaud ou síndrome dos dedos brancos. As vibrações também atuam como fator de contribuição e de agravamento das LER e DORT;
- segundo Pastore (1998), para cada real gasto com o pagamento de benefícios previdenciários, a sociedade paga quatro reais, incluindo gastos com saúde, horas de trabalho perdidas, reabilitação profissional, custos administrativos etc. Já a ABPA mostra que custo com os empregados afastados por acidentes podem chegar a US\$ 480 por dia. Esse cálculo eleva a um custo total para o país de aproximadamente 92 bilhões de reais por ano. O número de dias de trabalho perdidos em razão dos acidentes aumenta o custo da mão de obra no Brasil, encarecendo a produção e reduzindo a competitividade do país no mercado externo. Os dados levantados mostram o quanto é importante reconhecer o esforço daqueles que se empenham diariamente para melhoria das condições no ambiente laboral e da qualidade de vida. Por tudo isso, observa-se que a adoção de novas tecnologias e métodos gerenciais nos processos de trabalho contribui para modificar o perfil de saúde, adoecimento e sofrimento dos trabalhadores. Evitar acidentes é dever responsável de todos os trabalhadores e principalmente dos empregadores considerados socialmente responsáveis;
- a evolução das normas, as restrições preventivas, as modificações e/ou melhorias das máquinas quanto às vibrações mecânicas, certamente, vão contribuir, significativamente, na redução dos acidentes e doenças ocupacionais;
- os efeitos associados da exposição ocupacional à vibração com agentes químicos e biológicos demonstram que a severidade dos efeitos biológicos da vibração transmitida nas condições de trabalho pode ser influenciada pela: direção da vibração transmitida à mão; condições climáticas; o método de trabalho e a habilidade do operador e pelos agentes químicos que afetam a circulação periférica do trabalhador (fumo, medicamentos, drogas, álcool, etc);
- é importante assinalar que cada indivíduo reage às vibrações de modo particular, significa que os efeitos danosos ocorrerão em função de sua sensibilidade e do tempo de exposição.



- Nas entrevistas realizadas foram observadas a questão da instabilidade dos empregados com relação à manutenção do posto de trabalho, ou mesmo, a retaliação da empresa com transferência para uma outra função que não haja o percentual de gratificação e também a discriminação pelos companheiros de trabalho, não permitindo, outrossim, análises mais detalhadas dos fatores de riscos de influência com respeito às vibrações humanas.
- A preocupação com a responsabilidade ocupacional proporciona recomendações que protegerão grupos vulneráveis de trabalhadores com hipersensibilidades ou doenças crônicas e também com certas inaptidões. Também foi constatado que há uma preferência na contratação de trabalhadores mais jovens para operação em máquinas manuais vibratórias, como exemplo, moto-roçadeiras.
- As entrevistas revelaram que as gerências operacionais, de certo modo, tentam descaracterizar a atividade como insalubre e perigosa aos trabalhadores quanto à vibração mecânica. Segundo os trabalhadores, é comum o gerente operacional dizer: “*este negócio de vista turva é bobagem*”; “*estas máquinas não causam dormência ...*”, “*eu já trabalhei com britadeiras e nunca tive problemas nas costas e nem dormência nas mãos...*”;
- uma solução, para os problemas citados, é abolir os ambientes insalubres ou perigosos da empresa por meio de intervenções nos equipamentos, no *layout*, no tipo de construção e demais características do ambiente, podendo, assim, reduzir os agentes insalubres existentes para situações abaixo do limite de tolerância. Algumas medidas administrativas, como por exemplo, o rodízio de empregados numa certa atividade pode abreviar o tempo de exposição, descaracterizando, assim, as condições de insalubridade;
- é importante assinalar o desconhecimento dos trabalhadores das características das máquinas e conseqüentemente dos efeitos das vibrações, por exemplo, a maneira na qual o operador aplica força de aperto e pressão de contato na empunhadura da ferramenta tem uma forte correlação com a vibração da ferramenta, vibração de mãos e braços e o começo de distúrbios nos dedos (Miccoli, 2004).
- Pode-se afirmar, que não existe agente agressivo que não possa ser convenientemente controlado, a questão, na maioria das vezes, se prende à viabilidade econômica e não técnica;
- as normas e os guias internacionais (União Européia), geralmente, indicam limites de tolerâncias para vibrações, entretanto, a legislação brasileira não define limites de tolerâncias, mas recomenda a utilização de normas ISO 2631(1997) e 5349 (2001) que tratam do assunto;
- tem-se observado que durante as análises e medições de vibrações mecânicas associadas ao trabalhador realizadas nos ambientes industriais, nem sempre são levados em

consideração com outros agentes nocivos, tais como: ruído, poluição do ar, exposição a agentes químicos específicos, calor, etc. Daí a necessidade de um estudo para procurar melhorar a proteção a estes riscos associados como também considerar a possibilidade das interações do trabalho, lazer e atividades domésticas.

- A perda da sensibilidade manual, por exemplo, a síndrome dos dedos brancos, pode influenciar negativamente na atividade laboral do trabalhador interferindo na qualidade final dos produtos. Isto remete ao fato de ocorrências de omissões durante o processo produtivo e/ou a falta de uma gestão integrada na preocupação de conjugar qualidade de vida com qualidade do produto final.
- A medição e a avaliação da exposição do trabalhador a vibração mecânica, em nosso país, ainda é realizada de forma intuitiva e sem critérios adequados quando comparados às diretivas da União Européia. Na maioria das vezes não se leva em consideração os equívocos praticados com a utilização inadequada da instrumentação e nos procedimentos de não conformidades na elaboração de laudos.
- O contratante de serviços de avaliação de vibrações deve ter um cuidado especial com empresas prestadoras de serviços que utilizam equipamentos para avaliar vibração em máquinas, equipamentos e no corpo humano. Também há casos de instrumentos utilizados na avaliação de vibrações desatualizados, pois seguem as normas antigas.
- Tem-se observado que nas avaliações de vibrações é comum o desconhecimento e/ou não-familiaridade com as características operacionais dos instrumentos de medição de vibração para análise em ambiente de trabalho, tendo em vista os ajustes necessários dos parâmetros recomendados pelas normas técnicas.
- Muitas vezes, os resultados da exposição à vibração, durante uma jornada de trabalho, são alterados e/ou distorcidos em função do uso de medidores, que fornecem o valor instantâneo com detecção lenta (*slow*). Para calcular e projetar a avaliação da dose em ambientes com níveis variáveis, os instrumentos devem ser dimensionados para o monitoramento contínuo da jornada de trabalho efetiva, indicando valores máximos, médios e mínimos da fonte de emissão de vibração.
- Um método efetivo de evitar ou minimizar as exposições à vibração mecânica é a operação de ferramentas que tenham dispositivos de controle remoto. Infelizmente pela natureza das operações e/ou pelos custos destes dispositivos nem sempre é possível adotá-los;

- pode-se citar como por exemplo, mandrilhadeira montada no fim de um braço hidráulico, um martelo de asfalto montado em um pequeno veículo operado manualmente por um controle remoto ou uma placa vibratória controlada remotamente via um cabo.
- É importante assinalar, que a introdução de material de amortecimento visco-elástico na ferramenta manual é um método efetivo de redução dos níveis de altas frequências de vibração, entretanto, nem sempre, reduzem as baixas frequências de vibrações. Para evitar ou minimizar os efeitos das vibrações, é comum, a colocação de material isolante entre a estrutura da ferramenta e a empunhadura ou revesti-la com borracha. O sistema de motor de uma moto-serra, por exemplo, é isolado da empunhadura por uma suspensão de borracha que reduz substancialmente o nível de vibração ponderada de 70%, ou seja, de  $10 \text{ m/s}^2$  para  $3 \text{ m/s}^2$ ;
- é importante informar também que não existem equipamentos de proteção pessoal que evitem ou atenuem de forma efetiva as VMB. As luvas antivibratórias são pouco efetivas na redução das vibrações de baixas frequências, por outro lado, são importantes na prevenção de vibrações que provocam a síndrome de dedos brancos.
- Os diferentes tipos de luvas antivibratórias são avaliados por meio do método de transmissibilidade da vibração a palma da mão, porém, é importante considerar que a transmissão através dos dedos não está demonstrada ainda a eficácia desses equipamentos, cuja proteção é mínima para frequências inferiores a 150 Hz. O uso de calçados projetados com solas de material absorvente com a finalidade de reduzir os efeitos da transmissão das vibrações aos pés apresenta resultados poucos satisfatórios. É sempre recomendável que antes de utilizar EPI, devem esgotar-se as possibilidades técnicas e administrativas para a eliminação ou atenuação do risco.
- Deve-se destacar a complexidade e o cuidado que envolve as medições de VCI e VMB, por exemplo, o posicionamento e a dimensão dos acelerômetros influenciam e limitam a realização das medições (o acelerômetro é um elemento intruso). É necessário que o acelerômetro seja pequeno o suficiente para localizar o ponto de medição, tem que ser fixado de maneira rígida na superfície vibrante, com curva, garantir o aperto normal na manopla da ferramenta pelo operador de maneira que não interfira na medição.

## 6. CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos fundamentos teóricos, na elaboração de uma proposta de programa de controle e prevenção de risco, nas entrevistas realizadas com os atuantes na área de vibrações e nos estudos de caso sobre metrologia ocupacional aplicado à exposição às vibrações humanas, objetivando obter conhecimentos para uma boa prática de gestão de SSO, são feitas as seguintes considerações visando consolidar as conclusões e as propostas de trabalhos futuros:

- O estudo de vibrações no corpo humano tem evoluído nos últimos anos, sendo que as vibrações de corpo inteiro têm despertado um pouco menos de dedicação, inclusive em nível internacional. No entanto, as vibrações de mãos e braços têm sido bastante pesquisadas por apresentar danos mais imediatos. A União Européia tem apoiado uma rede de pesquisa colaborativa envolvendo laboratórios de vários países com o objetivo de estabelecer métodos e procedimentos uniformes para a detecção (medição) e prevenção de danos devidos a exposição de vibrações de mãos e braços e corpo inteiro;
- seria interessante constituir no Brasil uma rede de pesquisa semelhante com a participação de vários laboratórios com o objetivo de realização de estudo para desenvolvimento de procedimentos comuns para inspeção de saúde, incluindo métodos melhorados para a detecção e diagnósticos dos efeitos da vibração mecânica no ser humano, investigando a relação dose-efeito entre exposição e danos, e também a interação entre vibração e fatores de riscos ambientais, ergonômicos e individuais.
- Vibração mecânica é um agente ambiental que impacta a saúde e o bem estar. À combinação de exposição e outros agentes podem produzir maiores efeitos à saúde do que a vibração atuando isoladamente. Por exemplo, distúrbios associados de vibrações e químicos podem ser mais comuns e mais severos do que a exposição de vibração de um desses agentes somente. Em resumo o efeito de vibrações em conjunto com a poluição do ar, química, ruído, e calor e considerado como uma necessidade de ser examinado através de pesquisa para procurar melhorar a proteção de riscos da população e esses efeitos de vibrações na saúde podem ocorrer das interações com trabalho, lazer e casa.

- O agente físico de vibração provoca desconforto e em alguns casos doenças em trabalhadores da indústria. Nas perícias e na engenharia de segurança os problemas da vibração já começam a ficar evidentes, devido ao aumento de reclamações e processos de adicionais de insalubridade e aposentadoria especial;
- contudo, procedimentos padronizados para a obtenção de resultados compatíveis necessitam ser discutido. Os dados obtidos para comparações com os limites especificados pelas normas devem ser confiáveis exigindo metodologias e desenvolvimento de técnicas de medição no posto de trabalho. A utilização de calibradores manuais, dispositivos ergonômicos e de equipamentos adequados e calibrados são uma exigência a ser aplicada em qualquer processo de medição de vibração no corpo humano;
- no entanto, as diferenças devido ao uso incorreto da instrumentação ainda são muito grandes. Através de informações colhidas nas normas internacionais, podem ser identificadas algumas características fundamentais para a seleção e operação correta de equipamentos de medição e, também, dos tão conhecidos dosímetros, exigidos nas maiorias das avaliações individuais. Mas, não se deve ter confiança única nos certificados de aprovação (CA) do equipamento e sim medidas de controle para o verificar o uso adequado ao meio e ao indivíduo como caracteriza as boas praticas de gestão. Com relação às normas brasileiras vigentes estas não esclarecem sobre esses problemas favorecendo interpretações equivocadas e um conjunto de laudos provavelmente com menos confiabilidade.
- No levantamento realizado no Laboratório de Vibrações do Inmetro e dos laboratórios acreditados para calibração de transdutores, medidores, analisadores e calibradores, que são comumente usados em medição de resposta humana a vibrações, constam um número muito baixo de solicitação ou serviços realizados de calibração destes instrumentos vindo de empresas ou mesmo de especialistas atuantes em perícia ocupacional na área de vibrações. Isto significa ser muito provável que os instrumentos de medição estejam fornecendo valores incorretos, conseqüentemente, produzindo laudos sem confiabilidade.
- No caso de empresas que já utilizam ferramentas vibratórias manuais, tem-se que ter cuidado para não negligenciar em relação à síndrome das vibrações de mãos e braços, devendo investir sempre em prevenção de forma proativa, primeiramente avaliando a exposição dos trabalhadores e depois tomando as devidas medidas para minimizar os riscos. Os usuários e compradores de ferramentas devem selecionar somente aquelas que tenham *design* ergonômico e proteção antivibratórias;

- é bem verdade que a tecnologia avança no estudo da transmissão de vibração da ferramenta para as mãos do operador, buscando alternativas para reduzir a vibração por meio de soluções ergonômicas, possibilitando assim, adquirir ferramentas ou equipamentos com baixos níveis de vibração, como resultados dos esforços no desenvolvimento de projetos otimizados e aí, certamente a saúde do trabalhador será preservada;
- entretanto, os fabricantes devem ser advertidos de que muitas ferramentas produzem, durante o uso normal de trabalho, níveis de vibrações declarados no manual de instrução que são muito mais altos em relação aos níveis de vibrações transmitidas ao usuário. Por esta razão é necessário testar as ferramentas manuais vibratórias para qualificar esses produtos e avaliar a sua conformidade.
- Apesar de tudo isso, o investimento nas condições de segurança do trabalhador impacta vários aspectos, por exemplo: pagamento dos adicionais de insalubridade e periculosidade, ações trabalhistas e cíveis, taxa do seguro de acidente do trabalho, além de benefícios indiretos como qualidade de vida no ambiente de trabalho, aumento do rendimento e principalmente satisfação da necessidade básica de segurança. É sempre recomendável recorrer à Gestão de Risco para o controle preventivo do processo de perda corporativa e da própria saúde do trabalhador.
- Analisando os fatores e influências comportamentais apoiados nas técnicas da segurança comportamental, gestão da qualidade total e da segurança busca-se a mudança para o foco de uma segurança positiva, pró-ativa, com solução de problemas baseada em dados e participação intensa dos funcionários, aumentando a percepção (nível de prontidão), o seu comprometimento e desempenho. Com a potencialização e o desenvolvimento da melhoria contínua do desempenho (comportamento), os indicadores de segurança devem melhorar significativamente (Massera , 2005);
- Por outro lado à educação e conscientização para a segurança tem tido progressos e equívoco no desenvolvimento de comportamentos seguros. O ensino sobre prevenção de acidentes demonstra que alguns processos de estimulação de comportamentos seguros no trabalho têm sido trocados por práticas pouco efetivas e de procedimentos didáticos duvidosos. A psicologia e a educação já alcançaram grandes progressos teóricos e metodológicos mas as práticas de treinamentos, palestras de segurança e campanhas nem sempre demonstram ter acompanhado tais avanços. O desenvolvimento de competências para a prevenção em Saúde e Segurança do Trabalho depende de uma visão consistente dos

aspectos psicossociais envolvidos e de procedimentos de ensino e aprendizagem coerentes com a configuração humana da organização.

- O processo educativo tem que acompanhar as mudanças que estão ocorrendo no mundo, objetivando melhorar o presente e o futuro do homem, inclusive com relação à saúde e segurança, pois é fundamental que todos conheçam e compreendam o funcionamento dos processos que se relacionam com a qualidade de vida. Conseqüentemente, o conhecimento da cultura de SSO na escola para o segmento fundamental e médio deve ser a contribuição do ensino para formar consciência crítica para prevenção de riscos ocupacionais.
- Constatou-se com base na literatura e na experiência do autor que há necessidade de um estudo sobre certificação de pessoal para profissionais atuantes na área de análises e medições de vibrações que venham interferir na qualidade de vida dos trabalhadores expostos aos efeitos da vibração mecânica provocadas por quaisquer equipamentos, sejam manuais, fixos, grandes máquinas, etc. A norma NR 15 (1983) do MTE exige engenheiro de segurança do trabalho ou médico do trabalho, devidamente habilitados, para o desempenho desta função. Entretanto, devido à diversidade dos efeitos causados aos trabalhadores, as avaliações das análises e medidas nem sempre são realizadas numa visão crítica que venham harmonizar e/ou convergir às vibrações mecânicas, a prevenção de doenças e acidentes de trabalho visando à qualidade de vida.
- A planilha resultante do PCPR-EV, considera as informações observadas nos estudos de caso e nas entrevistas de abordagem sobre vibrações ocupacionais e sugere o desenvolvimento de um aplicativo eletrônico com os parâmetros importantes apresentado no programa de controle e prevenção de riscos de exposição às vibrações.

## 6.2 CONCLUSÕES

O estudo observou as práticas de trabalho, de controle técnico e gerencial disponibilizadas para atender as recomendações normativas e legais pertinentes à gestão de SSO na exposição às vibrações. A partir do referencial teórico, da elaboração de uma proposta de programa de controle e prevenção de risco, de estudos de caso sobre medição e análise de vibrações ocupacionais, e nas entrevistas onde foram colhidos informações com os analistas e especialistas multidisciplinares e os profissionais que trabalham expostos a vibrações que possibilitaram considerar as seguintes conclusões que reafirmam a hipótese da importância da

contribuição da metrologia na melhoria do SGSSO, quando desenvolvido um programa de forma alinhada com as exigências de normas, legislação e a cultura do país:

- Danos e Perturbações causados pela exposição à vibração são, no momento, incurável e irreversível, porém, definitivamente evitáveis, desta forma é essencial à implementação de programas adequados de controle e prevenção de riscos em vibrações adequados. A implementação de PCRV, consolidaria de maneira efetiva importantes ações relativas ao monitoramento dos níveis de vibração, controle de engenharia e administrativo, avaliação e controle médico, treinamento e motivação, manutenção de registros, mas para alcançar a prevenção seria necessário comprometimento, organização e educação de diversos grupos: administradores, médicos, engenheiros, trabalhadores expostos e todos os demais envolvidos.
- E preciso que as etapas do programa de controle de riscos ocorram dentro da estrutura do PPRA integrada com o PCMSO. Com planejamento anual estabelecendo metas, prioridades e cronograma para cada componente do PCRV; com priorização do agente físico de vibrações dentro do PPRA face aos demais riscos existentes; número de trabalhadores expostos e atingidos; danos existentes; recursos e informações técnicas disponíveis. Na estratégia e metodologia de ação deverá ficar claro a definição de responsabilidades, serviços especializados e consultoria.
- Caso seja possível, a preocupação com as fontes de vibrações tem que ser antecipada desde a aquisição de equipamentos, ferramentas e acessórios novos através da correta especificação e escolha do produto; seleção de produtos que produzem vibrações mais reduzidas; adequação da ferramenta à tarefa, selecionando os equipamentos mais adequados; tarefas ou processos de trabalho novos; implantação de procedimentos de manutenção voltados à redução dos níveis de vibração.
- No reconhecimento do problema relacionado às exposições de vibrações deve ser considerado o número de trabalhadores expostos; descrição das atividades executadas; determinação dos tempos e características de exposição para cada situação encontrada, pausas e tempo de exposição diário total; determinação do tipo, classificação e características dos equipamentos utilizados pelos operadores.
- A avaliação do problema envolverá a determinação do nível de vibração para caracterização da exposição e adoção de medidas preventivas e controle; monitoramento, ou seja, avaliação sistemática e repetitiva; obtenção de parâmetros para avaliação da extensão e gravidade do problema e também a priorização de ações de controle (engenharia, administrativo e médico) e verificação da eficiência das medidas adotadas.



- Desde a sua aprovação, a NR-15 do MTE tem proporcionado extensas discussões acerca da caracterização da insalubridade de forma qualitativa, ou seja, pela inspeção no local de trabalho, representando uma abertura mantida pela legislação, herança da Portaria nº 491/65. Por meio desta forma de avaliação, a insalubridade é caracterizada pela simples inspeção do avaliador, desprezando-se a mensuração da intensidade ou concentração do agente. Segundo o anexo da IN nº 1, de 20-12-95, corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo.
- Apesar de nossa legislação já fazer menção aos GHE - grupos homogêneos de exposição - quando se trata da perícia judicial, não é conceitualmente correto o Laudo Pericial para grupos de trabalhadores, a não ser que as condições sejam tão idênticas e que justifiquem tal medida. Dentro de um mesmo ambiente, as condições de trabalho de vários empregados podem ser totalmente distintas, o que pode ser revelado pela análise profissiográfica do trabalhador. A prova emprestada não se aplica somente à perícia, mas também a documentos e testemunhos. Em matéria de perícia, o Judiciário a tem utilizado com bastante reserva, mesmo porque o art. 195, da CLT, obriga a designação de perito nos pleitos de insalubridade e periculosidade. No entanto, existem casos em que não há saída, a não ser a utilização da prova emprestada, a exemplo da perícia de insalubridade em ambiente que se encontra totalmente descaracterizado.
- A importância da metrologia ocupacional aplicada em vibrações torna-se cada vez mais crescente, até quando as organizações perdem de 5% a 10% do seu lucro bruto de vendas com problemas relacionados com doenças causadas por exposições, acidentes e outras conseqüências inseguras ou insalubres, comprometendo o maior bem que possui, os seus funcionários. É importante destacar que muitas empresas não dispõem de condições necessárias para negociar e obter melhores valores junto às seguradoras quando da segurança patrimonial. A gerência da qualidade de vida do trabalhador, da sua saúde e segurança faz parte integral do sistema global da organização e pode influenciar nas negociações junto a seguradoras, diminuindo esses custos e assegurando o melhoramento contínuo e a rentabilidade dos negócios.
- Mais uma razão da importância de se ter equipamentos metrológicos rastreados para tomar decisões, analisar ou comparar resultados com critérios legais compulsórios calcados em normas, instruções normativas ou ordens de serviços do MTE e MPAS. Os profissionais

devem compreender que se tratando da área de saúde e segurança do trabalhador as medições ocupacionais e ambientais devem possuir respaldo técnico e metrológico através de procedimentos específicos e rastreabilidade a sistemas de calibrações reconhecidos pelo órgão competente do país; que no nosso caso é o Inmetro. Sem isso estará se discutindo sobre serviços sem respaldo legal;

- uma outra consideração importante é que se deve realizar regularmente a calibração dos equipamentos em um laboratório devidamente capacitado conforme recomenda as boas práticas de utilização. A determinação da periodicidade de calibração deve seguir as instruções dos fabricantes, considerando que em qualquer caso, o intervalo entre calibrações não deve ser maior que dois anos.
- As normas regulamentadoras brasileiras envolvidas com a exposição de vibrações, não fazem menção sobre equipamentos, dispositivos ou procedimentos de medição, e também sobre a ergonomia.
- As normas de gestão apoiam-se em estratégias de controles baseadas na metrologia e no gerenciamento do processo produtivo, exigindo sistemas reconhecidos de certificação e acreditação. Cada vez mais é reconhecido que o aumento da eficiência das empresas num ambiente tecnológico crescente e competitivo agravado pela progressiva expansão dos mercados, esbarra no trinômio: saúde, segurança e meio ambiente; tendo na metrologia o pilar da normalização do processo produtivo. Podemos afirmar que a sobrevivência das empresas não está apenas relacionada à capacidade de adaptação num ambiente tecnológico dinâmico, mas, também, ao bem-estar de toda a sociedade, pela geração de menos resíduos poluentes e indivíduos doentes. Uma população com saúde, vivendo e trabalhando em condições seguras e harmoniosas, certamente, é mais produtiva e eficaz.
- A Metrologia e as inovações tecnológicas contribuem para transformar idéias e conceitos em serviços, processos e produtos de grande interesse para a sociedade. A atividade de pesquisa e desenvolvimento é muito importante nesse processo, propondo inserção de critérios ambientais, de saúde e segurança, com olhar responsável para o aprimoramento da qualidade de vida, da saúde e do bem-estar do cidadão. Os focos dos programas de gestão em geral convergem para os processos socialmente responsáveis, cada vez mais dinâmicos e voltados às exigências da sociedade e da economia. A preocupação com a melhoria da qualidade de vida resulta necessariamente na implantação de várias iniciativas de gestão técnica nas áreas ambiental e saúde ocupacional.

- Outro aspecto positivo são os avanços tecnológicos, que habilitaram a globalização da economia e que também podem ser usados mundialmente para a melhoria de condições de trabalho e proteção ambiental. Os recentes avanços na Tecnologia da Informação, por exemplo, facilitam enormemente os contatos entre pessoas preocupadas em torno do mundo. Esta facilidade de comunicação é fundamental para elevar consciência, para a disseminação mais ampla de conhecimento e compartilhamento de experiências, como também para coordenar melhor as ações locais e globais, contribuindo mais intensamente para o desenvolvimento de capacidades para prevenção e controle de risco. A democratização da informação fortalece e habilita as pessoas a tomarem decisões informadas e assim contribuir melhor para implementação das intervenções exigidas;
- e finalmente, o conceito de excelência empresarial não só avalia as organizações por seu desempenho produtivo e econômico, mas também pela qualidade de seus produtos, pela responsabilidade em relação ao meio ambiente e principalmente pela saúde de seus colaboradores.

### 6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolvimento de aplicativo computacional para uso no controle administrativo de programas de gestão de risco e em medições técnicas de vibrações ocupacionais.
- Realização de estudo para avaliação metrológica da adequação dos atuais limites de exposição quando há exposição continuada a ruído e vibração.
- Realização de estudo para avaliação metrológica de exposição associada de vibrações e efeitos químicos.
- Desenvolvimento de técnicas ópticas para análise de vibração baseadas em vibrometria de escaneamento a laser para medições de vibrações no corpo humano como também em ferramentas vibratórias manuais e equipamento de proteção pessoal.
- Construção de instrumento portátil de análise de vibração que permite registrar dados com base em PalmTop e medir simultaneamente no local a demanda de trabalho física e a exposição de vibração de corpo humano.
- Certificação de Pessoas em Metrologia Ocupacional de Vibrações como um meio de propiciar adequado grau de confiança de que a pessoa certificada possa desempenhar atividades em conformidade com uma norma ou um documento normativo. Essa confiança é

alcançada pela utilização de um processo amplamente aceito de avaliação, seguido do acompanhamento e de reavaliações periódicas das competências das pessoas.

- A Organização de uma rede de pesquisa no país com participação de vários laboratórios com o objetivo de realização de estudo para a detecção e prevenção dos efeitos da vibração mecânica no ser humano.
- Realização de estudo para avaliação metrológica de exposição às vibrações ambientais, que possam causar graves danos nas estruturas de edifícios, gerando problemas de saúde em grupo populacional ou vibrações provocadas por grandes máquinas ou motores num determinado local.
- Realização de estudo para desenvolver propostas para normalização brasileira no campo de vibrações ocupacionais, com ênfase em medição no corpo humano; avaliações dos limites de exposição às vibrações no corpo humano e métodos e procedimentos de avaliação da interação do sistema.

## REFERÊNCIAS

- ALVARADO, A. O. Sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional, ¿ hacia la ISO 18000 ?. **MAPFRE SEGURIDAD**, Madrid, v. 38, n.73, p. 13 -19, primer trimestre 1999.
- AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE, **ANSI S3.34**. Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand, Guide for Measurement and Evaluation, New York, 1997.
- \_\_\_\_\_, **ANSI S2.31**: Methods for the Experimental Determination of Mechanical Mobility, Part 1: Basic Definitions and Transducers. New York, 2004.
- ANTONSSON A. B., **Decision – Marketing in the Work Environmental: A Focus on chemical health in relation to Progressive Legislation**. Doctoral Thesis. Department of Work Science. Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NATIONAL STANDARD INSTITUTE, **NBR 16001**. Responsabilidade social - Sistema da gestão - Requisitos, Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL, (AEP) OHSAS 18000 - **Sistema de Gestão de Segurança e Higiene no Trabalho**, Portugal, out. 2004. Disponível em: <<http://www.webmaster.dti@mail.cesae.pt>>. Acesso em: 04 abr. 2005.
- BOTTAZZINI M.C., **Sistema inteligente de monitoramento dos riscos em ambientes de trabalho**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001.
- 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 Regulamentadora NR 15 - Anexo nº 8**, redação dada pela portaria nº 12 de 1983. In: Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 56 ed., São Paulo: Atlas, 2005, 803 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR 09**, redação dada pela portaria nº 25 de 1994. In: Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 56 ed., São Paulo: Atlas, 2005, 803 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR 06**, redação dada pela portaria nº 26 de 1994. In: Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 56 ed., São Paulo: Atlas, 2005, 803 p.
- BRUEL & KAJER, **Human Vibration**, booklet, april. 1988, 32 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BS 8800: 1996, **Guia para Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional**, London, 1996, 19 p.
- 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.

COLETA, J. A. D. **Acidentes de trabalho**. São Paulo: Atlas, 1996.

COLES, B. **Exposure action and limit values for whole body vibration: An important choice**. London: Health and Safety Executive, 2002.

Conferência Americana de Higienistas Governamentais e Industriais (ACGIH), **Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) e Índices Biológicos de Exposição (BEIs)**. Tradução pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais São Paulo: ABHO, 2005.

CUNHA I. A., Exposição ocupacional às vibrações mecânicas: Considerações sobre os principais critérios legais e técnicos. In: **Revista ABHO de Higiene Ocupacional**, São Paulo, ano III, n. 8, março 2004. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, 24 p., p. 9 -12.

DIMAROGONAS A. D. The Origins of Vibration Theory. **Journal of Sound and Vibration**, EUA, 27 November 1990. Science and Technology, L 140 (2), p.181-189.

DIRECTIVE 89/391/EEC of the European Parliament and of the Council, **Official Journal of the European Communities**, 29/6/1989, série L 183, p.1- 8.

DIRETIVA EUROPÉIA 2002/44/EC do Parlamento Europeu e Conselho da União Européia de 25/6/2002 **Jornal Oficial da Comunidade Européia**, 06/07/2002 L 177, p.13-19.

DUARTE M.L.C., PEREIRA M. B., MISAEL M. R. FREITAS E.A. Comparing Gender Influence against Age: Corporeal Mass Index on Comfort Levels to Whole-body Human Vibration. In: CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING INTER-NOISE, Rio de Janeiro, **Proceedings**, 2005, 1 CD ROM.

EUROPEAN PROJECT, "**Risks of Occupational Vibration Injuries**" (VIBRISKS, EC FP5 Quality of Life project QLK4-2002-02650), VIBRISKS. 2003 - 2006.

FANTAZZINNI. M. L. **Higiene Ocupacional - Aspectos históricos**, Excertos e adaptação do Capítulo I do "White Book" da AIHA, de Vernon Rose. Disponível em: <<http://www.aiha.com.br>>, acesso em: mar. 2004.

FANTAZZINNI. M. L. ABHO Agentes Físicos. In: VI Encontro Brasileiro de Higienistas Ocupacionais, **Anais ABHO**. Brasília: UNB, 2000. p. 16 - 29.

FERNANDES M.; MORATA T. C., Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração, In: **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo. v. 68, n.5, out. 2002. ISSN 0034-7299.

GARCIA, F. S. G., Las vibraciones mecânicas em al ambiente laboral. **Monografías Técnicas sobre seguridad y salud en el trabajo**. n.4, ed. Instituto de Seguridad y Salud Laboral, Murcia, Espanha, sep. 2000. ISBN 84-931724-0-5.

GERGES, S. N. Y., Efeitos Nocivos - A audição e as conseqüências das vibrações no corpo humano. In: **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, julho 1997, p. 56 - 62.

Gil, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisas**, 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002, ISBN 852243169-8- 62.

GOELZER, Berenice I. F. , **Substituição como medida de prevenção e controle de riscos ocupacionais**. Organização Mundial de Saúde, OMS. Tradução pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO, 2005.

GRIFFIN M J., **Handbook of Human Vibration**. London: Academic Press, 1990. ISBN 0-12-303040-4.

GRIFFIN M J., LEWIS C H, BOVENZI M, LEMERLE P, LUNDSTRÖM R (2004) Risks of Occupational Exposures to Hand-transmitted Vibration: VIBRISKS: VIBRISKS. In: 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION, Las Vegas, Nevada, **Proceedings**, 2004. 1 CD-ROM.

GRIFFIN M J., LEWIS C H, European Vibration Injury Network, In: **Proceedings of the INTER-NOISE 99 Conference**, 1999, v.2, p. 943 – 948.

HARRIS C. M.; CREDE C. E., **Shock and Vibration Handbook**, v.3, Engineering Design and Environmental Conditions. USA: McGraw Hill, 1961.

Health and Safety Executive (HSE), **Hand-Arm Vibration**. London: Book HS 88, 1994. ISBN 0717607437.

HINZE W.J. **Construction Safety**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1997.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: E. Blücher, 2005.

INMETRO (Brasil), **Guia para a expressão da incerteza de medição**, versão brasileira do ISO GUM, 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, SBM, 1998. 121 p.

\_\_\_\_\_. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM)**, 2 ed. Brasília: INMETRO, SENAI/DN, 2000. 75 p.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO), **Technical and Ethical Guidelines for Workers' Health Surveillance**, Report. Switzerland. Geneva: 2-9 September 1997.

\_\_\_\_\_. **Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems (ILO-OSH)**, Safe Work, ILO. Switzerland. Geneva, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 1683**: Acoustics – Preferred reference quantities for acoustic. Geneva, 1983, 4 p.

\_\_\_\_\_. **ISO 1996**: Mechanical Vibration and Shock - Disturbance to human activity and performance - Classification. Geneva, 1996.

\_\_\_\_\_. **ISO 2631-1**: Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration - Part 1: General Guidelines. Geneva, 1997.

\_\_\_\_\_. **ISO 5349-1**: Mechanical Vibration - Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration - Part 1: General Guidelines. Geneva, 2001, 24 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION **ISO 5349-2**: Mechanical Vibration - Measurement and Assessment of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration - Part 2: Practical Guidance for Measurement in the workplace, Geneva, 2001, 39 p.

\_\_\_\_\_. **ISO 5805**: Mechanical Vibration and Shock - Human exposure to vibration - Vocabulary. Geneva, 1997.

\_\_\_\_\_. **ISO 8041**: Human Response to Vibration - Measuring Instrumentation, Geneva, 2005, 91p.

\_\_\_\_\_. **ISO 8862**: Hand-held portable power tools- Measurement of vibrations at the handle - Part 1: General. Geneva, 1988, 4 p.

\_\_\_\_\_. **ISO 10819**: Método para a medição e avaliação da transmissibilidade da vibração de luvas na palma da mão. Geneva, 1996.

\_\_\_\_\_. **ISO 11690-1**: Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces- containing machinery - Part 1: Noise control strategies. First edition. Geneva, 1996.

\_\_\_\_\_. **ISO 16063-1**: Methods for the calibration of vibration transducers, Part 1: Basic concept. Geneva, 1998.

\_\_\_\_\_. **Mechanical Vibration and Shock Handbook** - Human exposure to vibration and shock. 2 ed., Geneva, 1995, v. 2, 394 p. ISBN 92-67-10220-6.

JUSTINOVA L. Back problems among car drivers: A summary of studies during the last 30 years. In: 39<sup>th</sup> UNITED KINGDOM CONFERENCE ON HUMAN RESPONSES TO VIBRATION, Ludlow, Shropshire, England, **Proceedings** 15 -17 September 2004.

MACIEL, R. H. Prevenção de LER / DORT: O que a ergonomia pode oferecer. **Caderno de Saúde do trabalhador**, São Paulo, Instituto Nacional de Saúde no Trabalho. Dez. de 2000.

MAEDA S., DONG R.G., Measurements of Hand-Transmitted Vibration Exposures, In: 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION, Las Vegas, Nevada, **Proceedings**, 2004. 1 CD-ROM.

MANSFIELD N. J., Proposed EU Physical Agents Directives on Noise and Vibration, 2002

\_\_\_\_\_. The European physical agents (vibration) directive: can the demolition and quarrying industries comply? In: 11<sup>th</sup> JAPAN GROUP MEETING ON HUMAN RESPONSE TO VIBRATION, Japan 23-25, **Proceedings**, 2003.

MASSERA, C. São Paulo, Disponível em <[www.safetyguide.com.br](http://www.safetyguide.com.br)> acesso em 28/01/2006.

MATSUMOTO Y., MAEDA S. e OJI Y., Influence of Frequency on Difference Thresholds for Magnitude of Vertical Sinusoidal Whole-Body Vibration. **INDUSTRIAL HEALTH**, 2002, vol. 40, p. 313 - 319.



NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH), **Criteria for a recommended Standard Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration**, U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, Ohio, sep. 1989.

\_\_\_\_\_**Musculoskeletal Disorders (MSDs) workplace factors**, 1997, USA, Disponível em: <[www.cdc.gov/niosh/erg.txtsc.html](http://www.cdc.gov/niosh/erg.txtsc.html)>. Acesso em: 25 abr. 2005.

NELSON C., Assessing Exposure to Vibration, In: 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION. Nevada, **Proceedings**, Las Vegas, 2004. 1 CD-ROM.

NELSON C., BRERETON P., Plans for Effective Implementation of the European Vibration Directive, In: 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION. Nevada, **Proceedings**, Las Vegas, 2004. 1 CD-ROM.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: E. Blücher, 1989

OHSAS 18001 Occupational Health and Safety Assessment Series. USA, 1999.

PINTO I.; STACCHINI N. Uncertainty in the evaluation of occupational exposure to whole-body vibration, 3<sup>rd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WHOLE-BODY VIBRATION INJURIES, France, **Proceedings**. Nancy, 2005, 1 CD ROM.

POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO, PNSST, versão para sugestões, GT interministerial MPS/MS/MTE, Brasília, 29 de dezembro de 2004.

REGAZZI, R. D. Convergência da Metrologia, Meio ambiente, Saúde e Segurança. In: **Revista Metrologia**, Rio de Janeiro, setembro de 2000, p. 152-153.

REGAZZI, R. D., XIMENES, G. M. Medição de Vibração no Corpo Humano: Técnicas e Normas Utilizadas. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, SIBRAMA, dez. 1996, Petrópolis, **Anais SOBRAC**, 1996. p. 15-25.

RIPPER G. P.; DIAS R. S. **Técnicas de Medição e Calibração**, Curso de Vibrações, Laboratório de Vibrações, INMETRO, 2000. 60 p. Apostila.

RIPPER G. P.; REGAZZI, R. D., DIAS, R. S., XIMENES, G. M. Calibração absoluta de transdutores de vibração, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACÚSTICA VEICULAR. **Anais SIBRAV**, São Paulo, SP, 1995.

ROSEMARY, J. C. R. La polémica ISO 18000 - OSHAS 18001 - Directrices de la OIT, Gestión de la PRL, Argentina, 2000.

ROSSI G. L.; TOMASHI E. P. Proposal of a new measurement technique for hand-arm vibration analysis, Ancona, Italy, **Proceedings AIVELA** v. 2358 Vibration Measurements, 1994.

SAAD, I. F.S. ; GIAMPAOLI, E. **PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - NR 9 comentada**. São Paulo: ABHO, 1994, 44 p.

SAFETY LINE, Austrália 2005, Disponível em: <<http://www.safetyline.com>>. Acesso em: 28 jan. 2005.

SANTOS, Neri dos. **Ergonomia**, Disponível em: <<http://eps.ufsc.br/neri/ergon>> Acesso em: 18 mar. 2005.

SILVA C.E.S.; FIOD NETO M.; SILVA FILHO J.L.F. Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho - Apresentação da Norma BS 8800 e seu impacto na Indústria de Auto-Peças de Itajubá. Sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional, XVIII ENEGEP, **Anais ABEPRO**, Niterói, UFF, RJ, 1998.

SILVA L. F. e MENDES R Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre audição de trabalhadores, **Revista Saúde Pública**, São Paulo, 2005, p. 9-17, Disponível em: <<http://www.fsp.usp.br/sp>> Acesso em: mar. 2005.

SOUZA C.R.C., SILVA L.A.V., LIMA G. B. A, Administração Moderna de Segurança de Trabalho e Saúde Ocupacional como Ferramenta de Gestão para Excelência Empresarial. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, **Anais eletrônicos**, Niterói: UFF, RJ, 2002. Disponível em: <<http://www.latec.uff.br/mestrado>>, Acesso em: abr. 2005.

STEIN, George Juraj. On A- type (Statistical) Uncertainty in the estimation in whole-body vibration measurement. In: INCEEUROPE, Le Mans, France, **Proceedings**, 2005. 1 CD-ROM.

THOMSON W. T. **Teoria das vibrações com aplicações**. 6.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1978. 562 p. Inclui índice. ISBN 85-7285-026-0.

TOMIAGA.Y, Frequency Weighting of Hand-Arm Vibration, 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION, Las Vegas, Nevada, **Proceedings**, 2004. 1 CD-ROM.

VENDRAME A. C. **Gestão de Risco Ocupacional**. São Paulo: Thomsonn, 2005.

TEIXEIRA M.A.P.; BRASIL A R **Guia de formatação de monografias, dissertações e teses. Baseado nas normas da ABNT**. LATEC/UFF, Niterói, 2005. 43 p.

XIMENES, G. M.; MAINIER F. B. Programas de proteção de saúde e segurança de exposição às vibrações, In: XXV ENEGEP, Porto Alegre. **Anais ABEPRO**. ISBN 85-88478-15-3, 2005a. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_ Medidas e Medições de Engenharia para Controle de Vibrações na Fonte, In: VII SEMENGE / IV SEMINÁRIO FLUMINENSE DE ENGENHARIA, **Anais eletrônicos**, Niterói: UFF, 2005b. Disponível em: <<http://www.uff.br/semenge2005>>. Acesso em: abr. 2005.

**APÊNDICE A**  
**Programa de controle de prevenções de risco de exposição às vibrações**

<b>PROGRAMA DE CONTROLE DE PREVENÇÕES DE RISCO DE EXPOSIÇÃO ÀS VIBRAÇÕES</b>				
<b>1. Componentes</b>		<b>Corpo inteiro</b>	<b>Mãos e Braços</b>	<b>Observações</b>
<b>1.1</b>	<b>Reconhecimento do problema</b>		Exposição isolada de vibrações e associadas com outros agentes também extressores como ruído, calor e trabalho pesado, afetam não apenas o sistema nervoso periférico, mas também o sistema nervoso central.	
<b>1.2</b>	<b>Considerações de avaliação de exposição</b>		Com aumento da conscientização das responsabilidades de SSO em todos os níveis hierárquicos, os programas de avaliação e prevenção da exposição às vibrações serão mais eficazes.	
<b>1.3</b>	<b>Seleção de Instrumentos de medição</b>		Analisador Larson Davis 2800 de vibração humana Tipo 1. Acelerômetros PCB Piezoelétricos do Tipo ICP Calibrador PCB 394M23; 9,84 m/s <sup>2</sup> ; 79,6 Hz, Tipo 1. Ambos os equipamentos foram calibrado no INMETRO, conforme as boas praticas metrológicas recomenda.	
<b>1.4</b>	<b>Estratégias de controle e medição</b>	1.4.1. Projeto de Estratégia de Medição:	O critério de avaliação será o mais conservativo foram consideradas a curva base de ponderação da vibração no corpo humano combinada e a medição da vibração mais elevada devido a fontes provenientes das atividades.	
		1.4.2. Estratégia para pesquisa de vibrações:		
<b>1.5</b>	<b>Programa de comunicação, Educação e</b>		Educação sobre saúde ocupacional; treinamento operacional; treinamento para saber como agir em situação de emergência	
<b>1.6</b>	<b>Promoção de Saúde</b>			

## APÊNDICE A /continuação

<b>PROGRAMA E CONTROLE DE PREVENÇÕES DE RISCO A EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES</b>				
<b>2. Implementação</b>		<b>Corpo inteiro</b>	<b>Mãos e Braços</b>	<b>Observações</b>
<b>2.1</b>	<b>Gerenciamento</b>		<p>Planos de ação de SSO, voltados para o controle e prevenção de risco da exposição às vibrações.</p> <p>Implantação de projetos de processos e serviços que causem menor efeito nocivo ao trabalhador e ao seu ambiente de trabalho e de vida.</p>	
<b>2.2</b>	<b>Equipe de trabalho</b>		Equipe de trabalho deve estar sempre atualizada com a legislação pertinente as questões do ambiente de trabalho e a SSO.	
<b>2.3</b>	<b>Situações</b>		O nível de vibração medido ( $a_{(lim)}$ ) foi obtido durante a atividade sem prejuízo na operação. Atividade que superam o tempo recomendado para o GHE avaliado deve ser considerada insalubre.	
<b>2.4</b>	<b>Cronograma</b>			

## APÊNDICE A /continuação

<b>PROGRAMA E CONTROLE DE PREVENÇÕES DOS RISCOS À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES</b>				
<b>3. Avaliação</b>		<b>Corpo inteiro</b>	<b>Mãos e Braços</b>	<b>Observações</b>
<b>3.1</b>	<b>Sistema de controle e monitoramento</b>		Necessidade de implantação de medidas de prevenção , medição e controle da exposição à vibração.	
<b>3.2</b>	<b>Indicadores</b>		Não foram verificadas queixas consideráveis que indicassem a necessidade de aplicar medidas emergenciais.	
<b>3.3</b>	<b>Vigilância ambiental para o propósito do controle</b>		Capacitação do corpo técnico e gerentes para as ações relativas ao ambiente de trabalho.	
<b>3.4</b>	<b>Vigilância de Saúde</b>		Medidas de saúde como exames médicos em períodos curtos devem ser realizados para acompanhamento de alguma patologia ocupacional, caso seja necessário.	
<b>3.5</b>	<b>Registros e relatórios</b>		Será apresentado apenas o resultado na direção de maior vibração, conforme metodologia de avaliação, na faixa de frequência de 0,8 Hz a 1250 Hz, na região, mãos e braços atingidos.	
<b>3.6</b>	<b>Melhora contínua (aprimoramento)</b>		A introdução de dispositivo de antivibração nas serras elétricas , melhorou o equipamento e reduziu os sintomas de perda de sensibilidade  Medidas de controle como luvas especiais (antivibratórias), dispositivos e filtros mecânicos podem ser empregados como medidas de controle. Caso contrario, deve-se limitar o tempo de exposição.	

## APÊNDICE A /continuação

<b>PROGRAMA E CONTROLE DE PREVENÇÕES DOS RISCOS À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES</b>				
<b>4. Recursos Necessários</b>		<b>Corpo inteiro</b>	<b>Mãos e Braços</b>	<b>Observações</b>
<b>4.1</b>	<b>Recursos Humanos</b>			
<b>4.2</b>	<b>Alocação de Recurso Financeiros</b>		O uso do EPI, pelas dificuldades técnicas e econômicas, é a medida mais adotada e difundida por ser pouca dispendiosa e de fácil acesso.	
<b>4.3</b>	<b>Práticas de Trabalho e controle administrativo</b>		Os acessórios devem ser bem selecionados: lâminas de corte balanceadas; discos de ferramentas rotativas com níveis de vibrações bastante reduzidos. A manutenção cuidadosa contribui para que não haja risco de exposição a altos níveis de vibrações.	
<b>4.4 Educação e treinamento</b>		<b>Corpo inteiro</b>	<b>Mãos e Braços</b>	<b>Observações</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Treinamento de métodos de trabalho</b>		Evidenciou-se necessidade de orientação para o empregador quanto para os próprios trabalhadores em relação às doenças ocupacionais e a exposição de vibrações.	
<b>4.4.2</b>	<b>Grupos alvos de treinamento no local</b>		Empregador, gerentes operacionais, trabalhadores, corpo técnico de uma maneira geral.	
<b>4.4.3</b>	<b>Métodos de treinamento</b>		Melhor conhecimento dos manuais de instrução das FVM que orientam sobre como minimizar os efeitos de vibrações. Acompanhamento da legislação sobre SSO.	
<b>4.4.4</b>	<b>Treinamento fora do local de trabalho</b>		Necessidade de orientação para programa de prevenção de doenças ocupacionais compreendendo também um programa de prevenção de exposição a vibrações.	

## APÊNDICE A / continuação

<b>PROGRAMA E CONTROLE DE PREVENÇÕES DOS RISCOS À EXPOSIÇÃO DE VIBRAÇÕES</b>				
<b>5. Proteção Pessoal</b>		<b>Corpo inteiro</b>	<b>Mãos e Braços</b>	<b>Observações</b>
<b>5.1</b>	<b>Seleção de E.P.I.</b>		Moto-roçadeiras : os equipamentos em uso foram óculos, protetores auriculares (tipo plug) e luvas de tecido.	
<b>5.2</b>	<b>Seleção de E.P.C</b>		Serra elétrica: introdução de dispositivo de antivibração.	
<b>5.3</b>	<b>Nível de risco G.H.E.</b>		Medição da exposição a vibrações no corpo humano com relação a avaliação da exposição dos trabalhadores de uma empresa, conforme Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) identificado como pior caso para a situação encontrada. Serão seguidas as recomendações e limites das Normas ISO 2631 (1997) para o caso de corpo inteiro e recomendações da ISO 5349 (2001) com os limites da ACGIH (1999) para vibrações localizadas em mãos e braços.	

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)