

**LUCILENE LISI
ALDO CCAHUANA VASQUEZ**

**ESTUDO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO - APLICAÇÃO DA NORMA
ISO 2631 - 1997**

**São Paulo
2008**

LUCILENE LISI
ALDO CCAHUANA VASQUEZ

**ESTUDO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO – APLICAÇÃO DA NORMA
ISO 2631 - 1997**

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

São Paulo
2008

RESUMO

No Brasil, como em outros países, encontramos muitos trabalhadores com distúrbios e problemas resultantes da exposição ocupacional a vibrações mecânicas. No entanto, são escassos, os estudos e as pesquisas voltados a esse agente. Neste trabalho estimou-se a exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro em trabalhadores que atuam em atividades de operação de equipamentos móveis da unidade florestal de uma indústria de fabricação de papel. Os principais critérios técnicos internacionais relacionados ao agente, sua aplicação e interpretação são discutidos frente à legislação nacional. Para a obtenção de um estudo significativo contamos com equipamentos de medição da vibração que atenda a todos os requisitos estabelecidos pela ISO 2631 - 1997 referentes à quantificação da vibração de corpo inteiro bem como todas as normas existentes voltadas para a construção e precisão de medição do mesmo. Os resultados encontrados indicam que há uma predominância das exposições acima do nível de ação da comunidade européia e também acima dos valores enquadrados pela zona de precaução do anexo B da referida norma.

Palavra chave: Vibrações de Corpo Inteiro. ISO 2631 - 1997

ABSTRACT

In Brazil, such as in others countries, with find a lot of workers with problems and disturbs related to human exposure to vibration. In spite of that, there are few studies and researches related to recognition, evaluation and control of this agent. In this study it was estimated the occupational exposure to whole-body vibration of workers involved with the operation of mobile equipment of forest unit of a paper factory. The main international technical standards related to this agent, its application and interpretation are discussed facing Brazilian's regulations. In order to obtain a representative information of worker' s exposure to vibration, it was used some measure equipments of vibration that comtemplates all the establized requests of ISO 2631 – 1997 refering to the qualification of the whole-body vibration as all the rules related to the construction and precision of its the measure. The results indicate that there is a predominance of worker' s exposure above the action level of European Community and also above the marked values by the zone of precaution of the attachment B from the said rule.

Keywords: whole-body vibration. ISO 2631 – 1997

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Representação gráfica da vibração..... | 15 |
| Figura 2 – Sistema biomecânico simplificado representando o corpo humano de pé vibrando | 21 |
| Figura 3 – Eixos basicentricos do corpo humano..... | 23 |
| Figura 4 – Sistema ortogonal de coordenadas para mãos e braços | 24 |
| Figura 5 – Representação das ressonâncias do corpo humano de pé vibrando verticalmente..... | 26 |
| Figura 6 – Doenças causadas pela vibração sobre as mãos | 29 |
| Figura 7 – Curva de ponderação em frequência | 32 |
| Figura 8 – Guia de saúde – zona de precaução | 38 |
| Figura 9 – Esquema básico de sistema de medição de vibrações..... | 53 |
| Figura 10 – Esquema básico de sistema biodinâmico | 63 |
| Figura 11 – Equipamento HVM 100 e acessórios | 64 |
| Figura 12 – Esquema de fixação do acelerômetro..... | 65 |
| Figura 13 – Operador sentado com o acelerômetro fixado no banco | 65 |
| Figura 14 – Ilustração do local e equipamento do estudo de caso | 71 |
| Figura 15 – Ilustração do local e equipamento do estudo de caso | 71 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Exemplos de exposição de vibração ocupacional | 30 |
| Tabela 2 – Limites aceitáveis considerando os locais de exposição..... | 33 |
| Tabela 3 – Efeitos no conforto de uma pessoa exposta à vibração | 39 |
| Tabela 4 – Valor limite de exposição | 43 |
| Tabela 5 – Valor limite para ação..... | 43 |
| Tabela 6 – Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro..... | 68 |
| Tabela 7 – Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro..... | 69 |
| Tabela 8 – Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro..... | 70 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------|---|
| A (8) | Aceleração rms ponderada para exposição de 8 horas |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ACGIH | American Conference of Governmental Industrial Hygienists |
| ANSI | American National Standards Institute |
| Aeq | Aceleração equivalente |
| Ap | Aceleração ponderada |
| aw(t) | Aceleração ponderada de freqüência |
| CL T | Consolidação das Leis do Trabalho |
| DE | Diretivas Européias |
| DRT | Delegacia Regional do Trabalho |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| ICP | Piezoeletricos com eletrônica integrada |
| IEC | <i>International Electrotechnical Commission</i> |
| ILO | <i>International Labor Organization</i> |
| IN | Instrução Normativa |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| Leq | Níveis de exposição equivalente |
| LTCAT | Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho |
| LVT | Linear Voltage difference Transducer |
| MPAS | Ministério da Previdência e Assistência Social |
| MTE | Ministério de Trabalho e Emprego |
| NIOSH | National Institute Occupational Safety and Health |
| NA VLE | Nível de Aceleração referente ao Valor Limite de Exposição |
| NA VDV SUM | Nível de Ação referente ao Valor Dose de Vibração Normalizado |
| OGMO | Órgão Gestor de Mão de Obra |
| OIT | Organização Internacional de Trabalho |
| PCMSO | Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. |
| PCRV | Programa de Controle de Riscos à Vibração |

| | |
|---------|--|
| PGR | Programa de Gerenciamento de Risco |
| PPP | Perfil Profissiográfico Previdenciário |
| PPRA | Programa de Prevenção de Riscos Ambientais |
| VCI | Vibração de corpo inteiro |
| VDV | Valor Dose de Vibração |
| VDV SUM | Valor Limite de Exposição Normalizada |
| VIM | Vocabulário Internacional de Metrologia |
| VLE | Valor Limite de Exposição |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Considerações Preliminares | 11 |
| 1.1.1 Histórico da origem do estudo de vibrações | 11 |
| 1.2 Objetivo do estudo | 12 |
| 1.3 Justificativas | 12 |
| 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS - VIBRAÇÕES | 14 |
| 2.1 Considerações Iniciais | 14 |
| 2.1.1 Definições Básicas de Vibrações | 15 |
| 2.2 Vibração no Corpo Humano | 17 |
| 2.2.1 Vibração no ambiente de trabalho..... | 18 |
| 2.3 Vibração Ocupacional - Aspectos Históricos | 19 |
| 2.4 Características da vibração ocupacional..... | 21 |
| 2.5 Tipos de Vibrações Ocupacional no Corpo Humano..... | 22 |
| 2.5.1 Vibrações de Corpo Inteiro..... | 22 |
| 2.5.2 Vibrações de mãos e braços (6,3 a 1250 Hz). | 23 |
| 2.6 Efeitos das vibrações sobre o organismo | 24 |
| 2.7 Danos à saúde causados pela exposição às vibrações | 27 |
| 2.7.1 Patologias de Mão e Braço..... | 28 |
| 3 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL PARA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO | 31 |
| 3.1 Norma ISO 2631- Vibrações de corpo inteiro | 31 |
| 3.2 Métodos de Avaliação da Exposição..... | 33 |
| 3.2.1 Método Básico da aceleração ponderada em r.m.s. | 33 |
| 3.2.2 Método R.M.S (Root Mean Square) ou Método A(8) | 34 |
| 3.2.3 Método dose de vibração..... | 35 |
| 3.2.4 Efeitos no conforto, na saúde e percepção | 37 |
| 3.2.4.1 Efeitos na saúde..... | 37 |
| 3.2.4.1.1 Redução no tempo de Exposição..... | 38 |
| 3.2.4.2 Efeito de Conforto | 39 |
| 3.2.4.3 Efeito de Percepção | 40 |
| 3.2.4.3.1 Dose para movimento de enjôo..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3 Limites da ACGIH para Vibrações de corpo inteiro | 41 |
| 3.4 Diretiva Européia 2002/44/CE | 42 |
| 3.5 Legislação e Regulamentação Brasileira | 43 |
| 3.5.1 MTE – Ministério do Trabalho e Emprego..... | 44 |
| 3.5.1.1 Atividades e Operações Insalubres - NR 15 | 44 |
| 3.5.1.2 Equipamento de Proteção Individual NR - 6 | 46 |
| 3.5.1.3 Ergonomia NR - 17..... | 46 |
| 3.5.1.4 Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO) NR - 7..... | 47 |
| 3.5.1.5 Programa de Prevenção de Riscos Ocupacionais (PPRA) NR - 9..... | 47 |
| 3.5.1.6 Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) NR - 22 | 48 |
| 3.6 Ministério da Previdência e Assistência Social..... | 48 |
| 3.6.1 Perfil Profissiográfico Profissional PPP | 48 |
| 3.7 Custo Benefício da Prevenção..... | 51 |
| 4 METROLOGIA EM VIBRAÇÕES | 53 |
| 4.1 Instrumentos e sistemas de medições de vibrações..... | 54 |
| 4.2 Instrumentação de Medição – Resposta Humana à Vibração..... | 55 |
| 4.2.1 Calibração | 57 |
| 4.2.1.1 Incerteza do resultado da calibração ou da cadeia de medição..... | 59 |
| 4.3 Desenvolvimento de Novas Tecnologias no Estudo de Vibrações Ocupacionais..... | 60 |
| 5 MATERIAIS E MÉTODOS | 63 |
| 5.1 Entrevistas | 64 |
| 5.2 Características Principais do Equipamento Utilizado..... | 64 |
| 5.3 Fixação do transdutor ou acelerômetro..... | 65 |
| 5.4 Estudo de caso..... | 66 |
| 5.5 Fotos do Local e Equipamento Avaliado | 71 |
| 6 CONCLUSÕES | 72 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 74 |
| REFERÊNCIAS | 77 |

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi elaborado em sete capítulos apresentando históricos, considerações, hipóteses, teorias e técnicas de medições sugeridas para a quantificação 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 consequências da exposição à vibração elevada, permitindo uma análise clara da problemática envolvida na área saúde e segurança.

1.1 Considerações Preliminares

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

VIBRAÇÃO s.f. (Do latim *vibrabratio, 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.

Encycl. 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 freqüência que é um múltiplo inteiro da freqüência 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

Segundo 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 funções das características físicas dos instrumentos, não dependendo necessariamente de como eram tocados. Este conceito foi definido mais tarde como freqüência 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 freqüência só foi definido mais tarde, pois era necessário primeiro medir o tempo de modo mais eficiente. Vale lembrar que a freqüência 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 freqüência natural de vibração ou freqüência de ressonância da suspensão da carroça.

1.2 Objetivo do estudo

O objetivo deste trabalho é apresentar as técnicas, as normas, os aspectos legais relacionados à medição da vibração no corpo humano dando uma ênfase nos aspectos metrológicos que permitem a quantificação desse agente e a harmonização com as normas internacionais.

O que se pretende é avaliar a exposição ocupacional às vibrações de corpo inteiro decorrente da operação de equipamentos móveis da unidade florestal de uma indústria de papel para assim obter as condições reais de exposição dos operadores a esse agente durante a jornada de trabalho.

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 desenvolvimento de suas atividades profissionais, por exemplo, as produzidas por ferramentas manuais, máquinas ou veículos pesados.

Alguns estudos desenvolvidos podem ser considerados como uma importante

investigação no estudo dos efeitos 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) vibrações nas mãos e braços, quando relacionado com a insalubridade. Além disso, também são aceitos os limites da norma ACGIH, mas não existe qualquer citação de procedimento ou equipamentos 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.

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 lida (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.

Saliba et al. (2002), conceitua vibrações como um movimento oscilatório de um corpo devido a forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. Tem-se, então, envolvidas no movimento, uma velocidade, uma aceleração e uma freqüência (número de ciclos completos/minuto).

O movimento pode consistir de um simples componente ocorrendo em uma única freqüência, como um diapasão, ou muitos componentes ocorrendo em diferentes freqüências, como por exemplo, o conjunto de engrenagens indicado na figura 1.

Na prática, os sinais de vibração consistem em muitas freqüências ocorrendo simultaneamente, dificultando a observação em um gráfico amplitude X tempo. Esses componentes podem ser visualizados plotando a amplitude da vibração X freqüência. O mais importante dos sinais de vibração é o estudo dos componentes individuais da freqüência que é chamado de análise de freqüência, uma técnica que pode ser considerada a principal ferramenta de trabalho nos diagnósticos de medida de vibração.

O gráfico mostrando o nível de vibração em função da freqüência é chamado de espectrograma de freqüência. Quando analisamos a vibração de uma máquina,

encontramos um grande número de componentes periódicos de freqüência que são diretamente relacionados com os movimentos fundamentais de várias partes da máquina. Com a análise de freqüência, é possível descobrir as fontes de vibração na máquina.

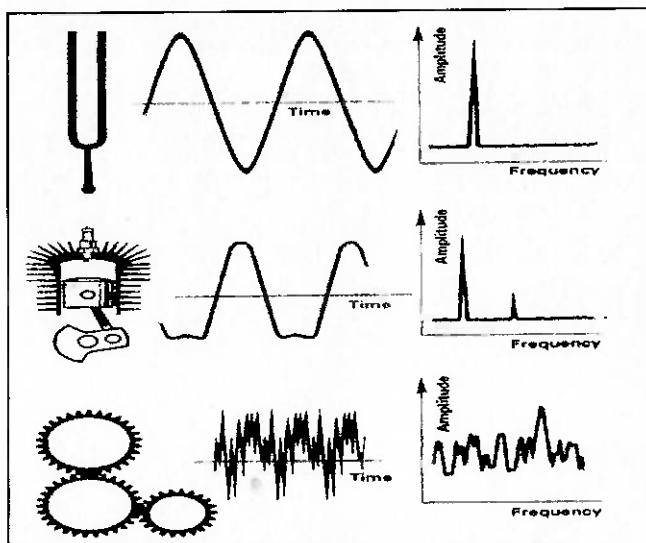


Figura 1 – Representação gráfica da Vibração
Fonte: Vendrame 2004

2.1.1 Definições Básicas 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, retomando para a sua posição normal, portanto, o número de ciclos que um objeto vibrando por unidades de tempo é chamado freqüência. A unidade de freqüência 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 à 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, para e retoma 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 freqüências particulares que dependem da composição do objeto, seu tamanho, estrutura, massa e forma. Estas freqüências naturais são chamadas de freqüências de ressonância. Uma máquina vibrando transfere uma quantidade de energia a um objeto quando a máquina vibrar na freqüência de ressonância desse objeto. Um sistema complexo de várias massas interconectadas mediante elementos elásticos, como pode ser simulado o corpo humano, apresentam diferentes freqüências 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 freqüências 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 às 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 freqüência 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 freqüência 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.
- vibrações periódicas - O sinal se repete depois de determinado período de tempo.
- 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.

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 freqüência, ou pelo seu inverso, o período de oscilação.

2.2 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, 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." O corpo humano possui uma vibração natural, se uma freqüência externa coincide com a freqüência natural do sistema, ocorre 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 laborais 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.

2.2.1 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 abrangam 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 é denominado ambiente vibratório.

2.3 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 entradas estão sendo agitadas pela força da vibração e movidas 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 UNE, 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 ambientais, 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 e 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.

Durante a década de oitenta, várias pesquisas geraram informações relacionadas a magnitudes de vibrações ocupacionais em tratores agrícolas. Entretanto, nesse período, a tecnologia empregada era limitada, os equipamentos utilizados eram muito caros, restringindo a poucos centros de pesquisa a capacidade de realizar ensaios de vibrações ocupacionais (GRIFFIN, 1998).

Em 1982, foi adicionada à ISO 2631, uma emenda em que foi definido o valor ponderado global de vibração através da combinação dos três eixos x, y e z. Três anos mais tarde, esta foi revisada e republicada com o seguinte título: *evaluation of human exposure to whole-body vibration - part 1: general requirements*; ainda regulamentando os limites de conforto, fadiga e exposição às vibrações ocupacionais (GRIFFIN, 1998).

No Brasil, em 1992, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Comissão de Estudo de segurança e ergonomia (CE-12:002.07), pertencente ao Comitê Brasileiro de agricultura, pecuária e implementos (CB-12) desenvolveu a norma NBR 12319: medição da vibração transmitida ao operador - tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas. Esta Norma foi baseada na ISO 5007: *agricultural wheeled tractors and field machinery - measurement of wholebody vibration of the operator*.

A partir de 1997, a versão revisada da ISO 2631 não apresenta mais os limites de exposição a vibrações ocupacionais, ficando, desta forma, em função dos cálculos de valor dose de vibração (VDV) e de valor dose de vibração estimado (eVDV) (ANFLOR, 2003).

2.4 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 transmite a vibração.

A grande maioria dos processos industriais 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 freqüências. Em termos de biodinâmica, o corpo humano pode ser considerado como um sistema complexo formado por diferentes subsistemas, cujas massas estão unidas por elementos elásticos e amortecedores. Cada parte do corpo pode tanto amortecer quanto amplificar o movimento.

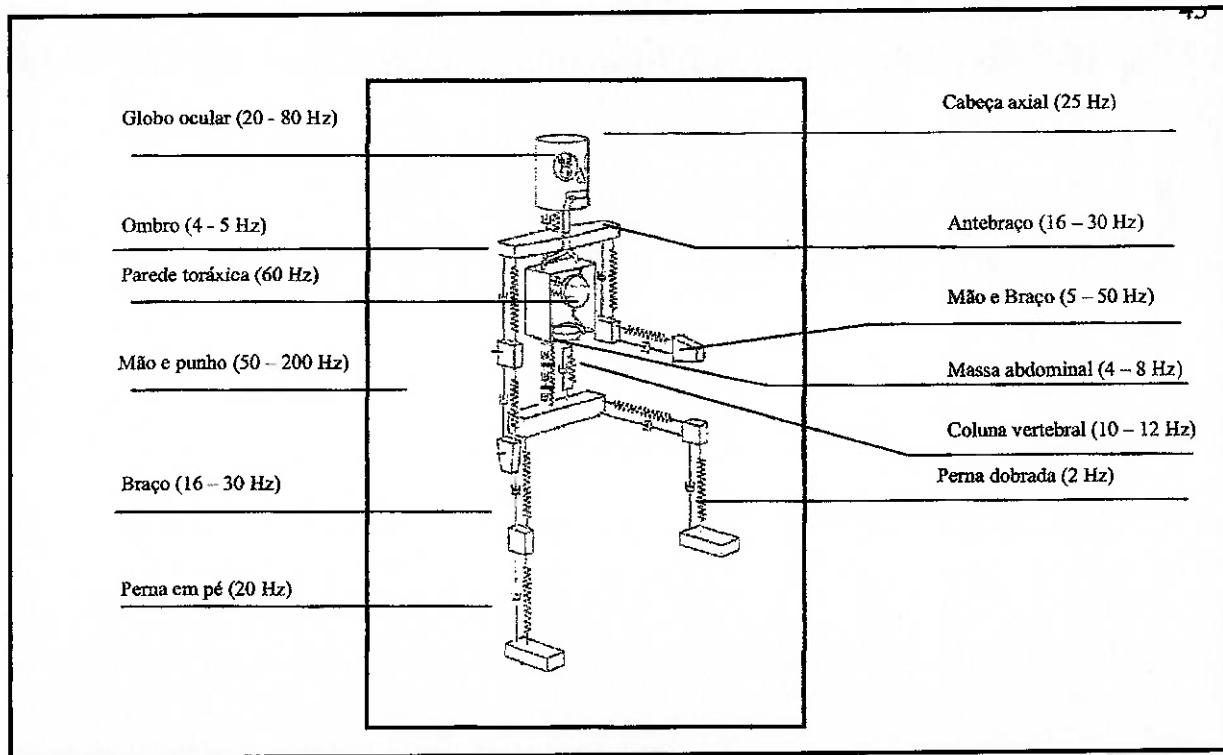


Figura 2 – Sistema biomecânico simplificado representando o corpo humano de pé vibrando
Fonte: B&K (1998)

2.5 Tipos de Vibrações Ocupacionais no Corpo Humano

2.5.1 Vibrações de corpo inteiro (1 a 80 hz)

As vibrações afetam o corpo inteiro (VCI) são de baixa freqüência 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 sujeita. 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 freqüência; 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 3. Em cada direção, a sensibilidade também varia com a freqüência.

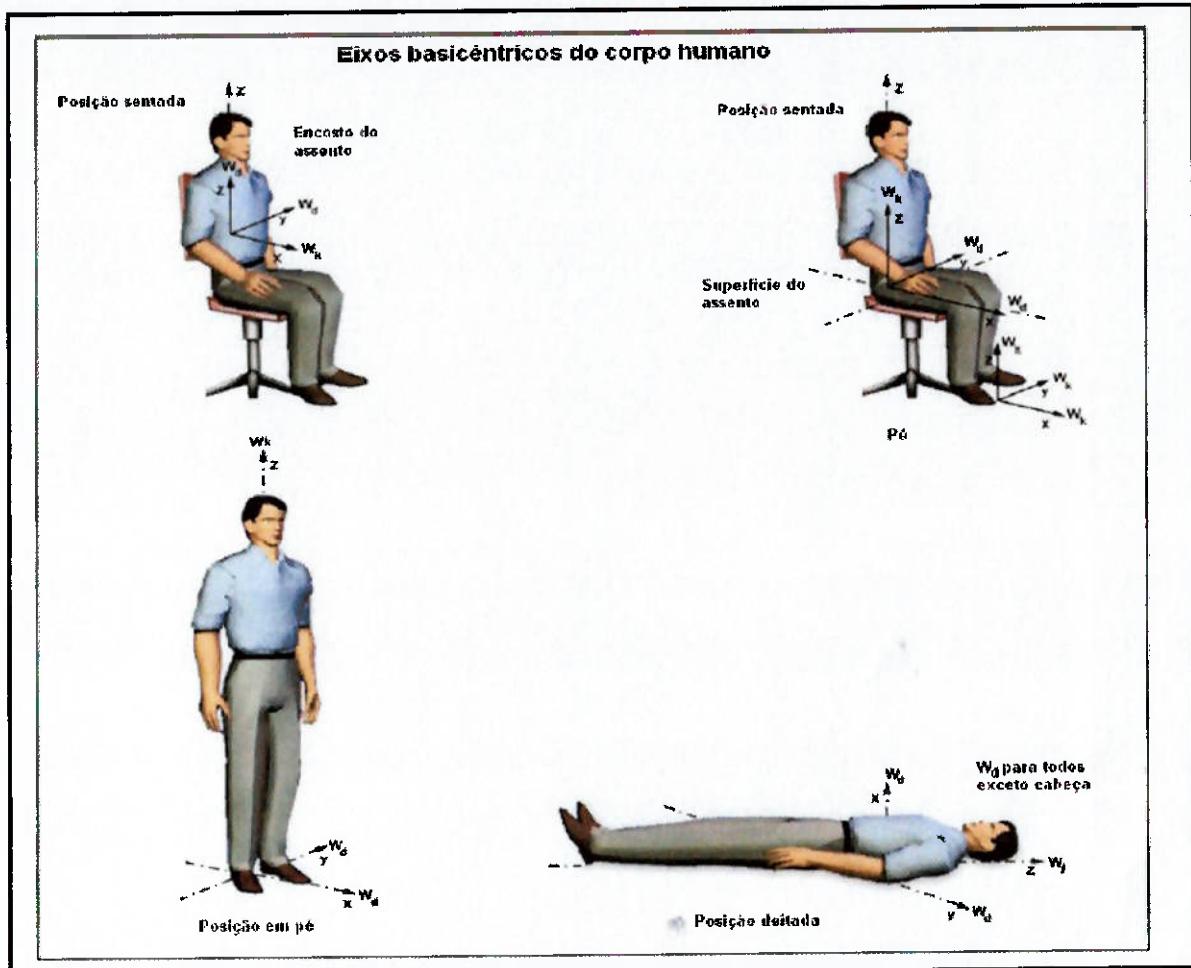


Figura 3 – Eixos basicentricos do corpo humano

Fonte: Vendrame 2004

2.5.2 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- parte 1 e parte 2 (2001). Como na VMB o ponto de contato são as mãos, embora a vibração se amortenha pelo conjunto mão-braço-ombro, de forma que pode ser considerado, aproximadamente como um sistema independente e separado do resto do corpo, sendo 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).

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.

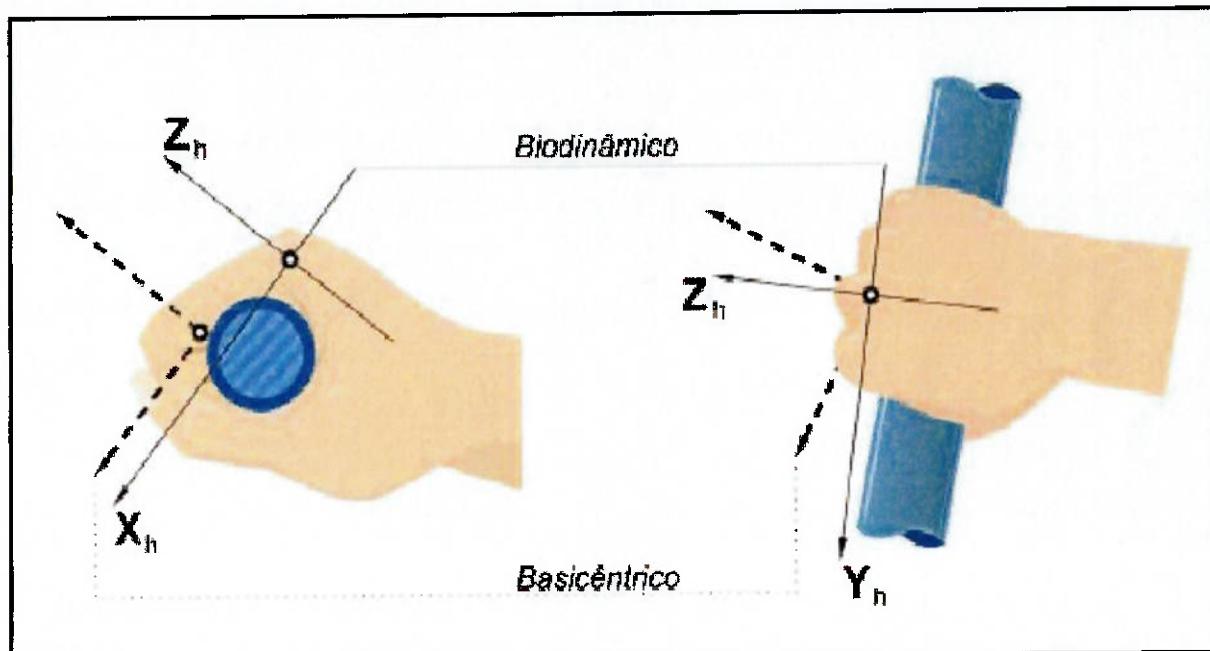


Figura 4 – Sistema ortogonal de coordenadas para mãos e braços
Fonte: Vendrame 2004 e CCHOS (2005)

2.6 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 gerar danos graves que são reconhecidos como doenças profissionais ou ocupacionais (SANTOS, 2004).

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 freqüência. As consequências das vibrações no corpo humano dependem essencialmente de alguns fatores decisivos que são os seguintes: pontos de aplicação no corpo; freqüência das oscilações; aceleração das oscilações; duração da ação; freqüência própria e ressonância. As ampliações das vibrações ocorrem quando partes do corpo passam a vibrar na mesma freqüência e, então, dizemos que entrou em ressonância. Cada sistema tem uma freqüência própria. Quanto mais próxima a freqüência excitadora chegar a uma freqüência 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 freqüências de 30 Hz. Assim, com uma freqüência 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 freqüência de ressonância na direção vertical (eixo z). Na direção x e y, as ressonâncias ocorrem a freqüências 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 freqüências de 1 a 80 Hz, provocando lesões nos ossos, juntas e tendões. As

freqüências intermediárias, de 30 a 200 Hz, provocam doenças cardiovasculares, mesmo com baixas amplitudes e, nas freqüências altas, acima de 300 Hz, o sintoma é de dores agudas e distúrbios. A alteração no sistema cardíaco se manifesta com o aumento da freqüência 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 5.

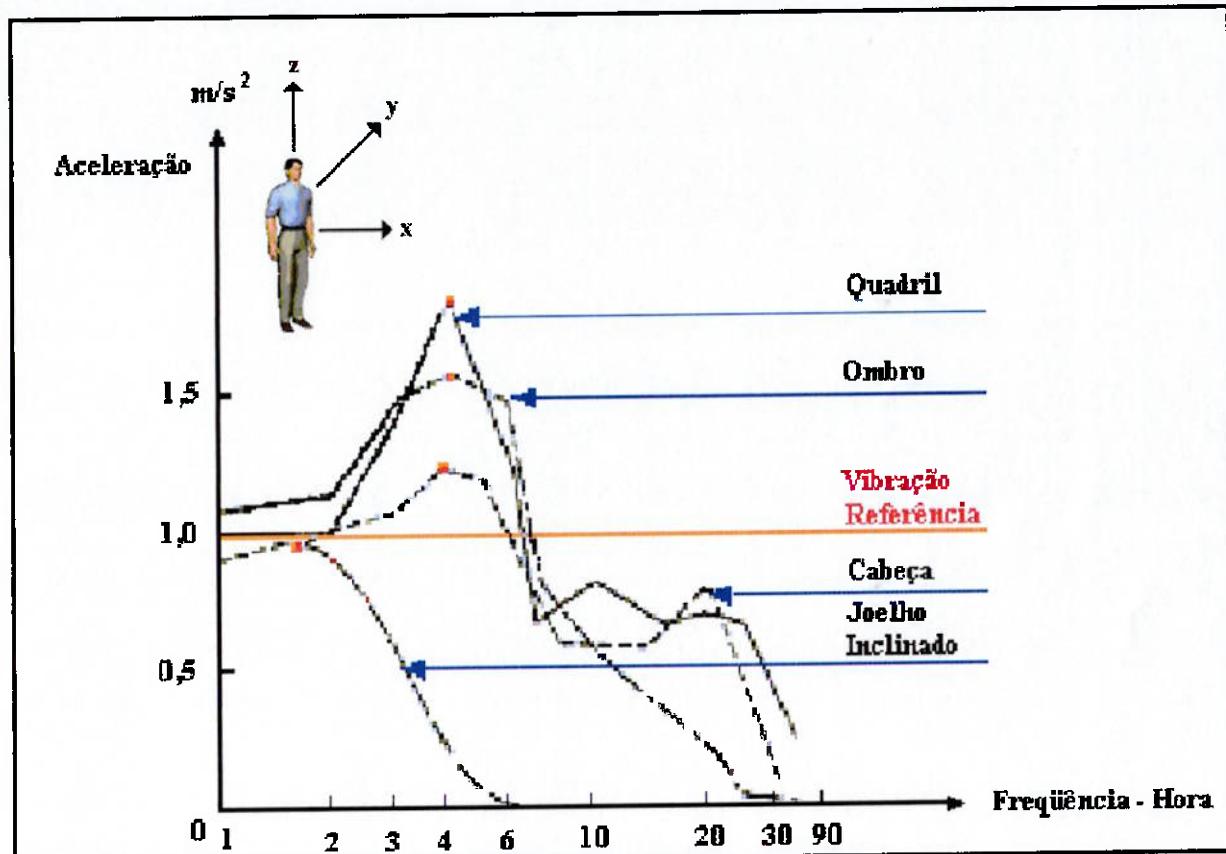


Figura 5 – Representação das ressonâncias do corpo humano de pé vibrando verticalmente
Fonte: ISO 2631 (1997)

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 tomam 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.

2.7 Danos à saúde causados pela exposição às vibrações

A repetição diária das exposições a vibrações no local de trabalho pode levar a modificação doentia 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 que geram modificações doentias nas mãos e braços e as consequências das vibrações mecânicas transmitidas a todo o corpo que refletem sobre tudo 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 1Hz) - 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 e inibição de reflexos.

2.7.1 Patologias das mãos e braços

É no sistema mão e braço que as consequências 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 que 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 na 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 e é conhecida também como doença de Raynaud. Estas doenças são observadas em trabalhadores em minas, que utilizam perfuradoras leves a ar comprimido com altas freqüências. Além disso, os trabalhadores florestais também são atingidos por estas doenças , pois trabalham muito com moto-serras com freqüência 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 freqüências, 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 - Palmeer, 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 formigamentos ou adormecimentos leves e intermitentes 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 hipertermia reativa, usualmente vista na palma, avançando do pulso para os dedos. 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 urna aparência cianótica dos dedos. Finalmente, pequenas áreas de necrose da pele aparecem na ponta dos dedos (acrocianose). A figura 6 a seguir mostra os efeitos das doenças causadas pela exposição excessiva das mãos às vibrações.



Figura 6 – Doenças causadas pela vibração sobre as mãos
Fonte: Syndrome Vibration (NIOSH, 1997)

Tabela 1 - Exemplo de Exposição de Vibração Ocupacional

| Indústria | Tipo de Vibração | Fonte comum de Vibração |
|----------------------|-------------------------|--|
| Agricultura | Corpo Inteiro | Tratores |
| Caldeira | Mão e Braço | Ferramentas pneumáticas |
| Construção | Corpo Inteiro | Veículos equipamentos pesados, ferramentas pneumáticas, Britadores |
| | Mão e Braço | |
| Corte de Diamante | Mão e Braço | Ferramenta manual vibrante, ferramentas pneumáticas |
| Silvicultura | Corpo Inteiro | Tratores, Moto-serras |
| | Mão e Braço | |
| Fundição | Mão e Braço | Talhador Vibrante |
| Fábrica de Móveis | Mão e Braço | Serra Motorizada |
| Aço e Ferro | Mão e Braço | Ferramenta manual vibrante |
| Madeireira Serraria | Mão e Braço | Serra motorizada |
| Máquinas Ferramentas | Mão e Braço | Ferramenta manual vibrante |
| Mineração | Corpo Inteiro | Operação de veículo, furadeira de rochas |
| | Mão e Braço | |
| Rebitagem | Mão e Braço | Ferramenta manuais |
| Borracha | Mão e Braço | Ferramenta pneumáticas de montagem |
| Estamparia | Mão e Braço | Equipamento de Estampagem |
| Estaleiros | Mão e Braço | Ferramenta pneumáticas manuais |
| Fábrica de Calçados | Mão e Braço | Máquina de bater |
| Lavanderia - Pedras | Mão e Braço | Ferramenta pneumáticas manuais |
| Têxtil | Mão e Braço | Máquinas de costuras, teares |
| Transporte | Corpo Inteiro | Veículos |

3 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL PARA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

3.1 Norma 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 sejam 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 a seguir, considerando que:

| | |
|--------------------------------|--|
| a_{px} , a_{py} , a_{pz} | aceleração r.m.s ponderada nos eixos 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:

$$a_w^2 = 1,4 a_x^2 + 1,4 a_y^2 + a_z^2 \quad (1)$$

A maneira pela qual a vibração afeta a saúde, o conforto, a percepção e o enjôo é dependente da freqüência. Há influência de diferentes freqüências para os diferentes eixos. As curvas de ponderação em freqüências utilizadas são mostradas na figura 7. P_z , para o eixo Z e P_{xy} , para os eixos X e Y

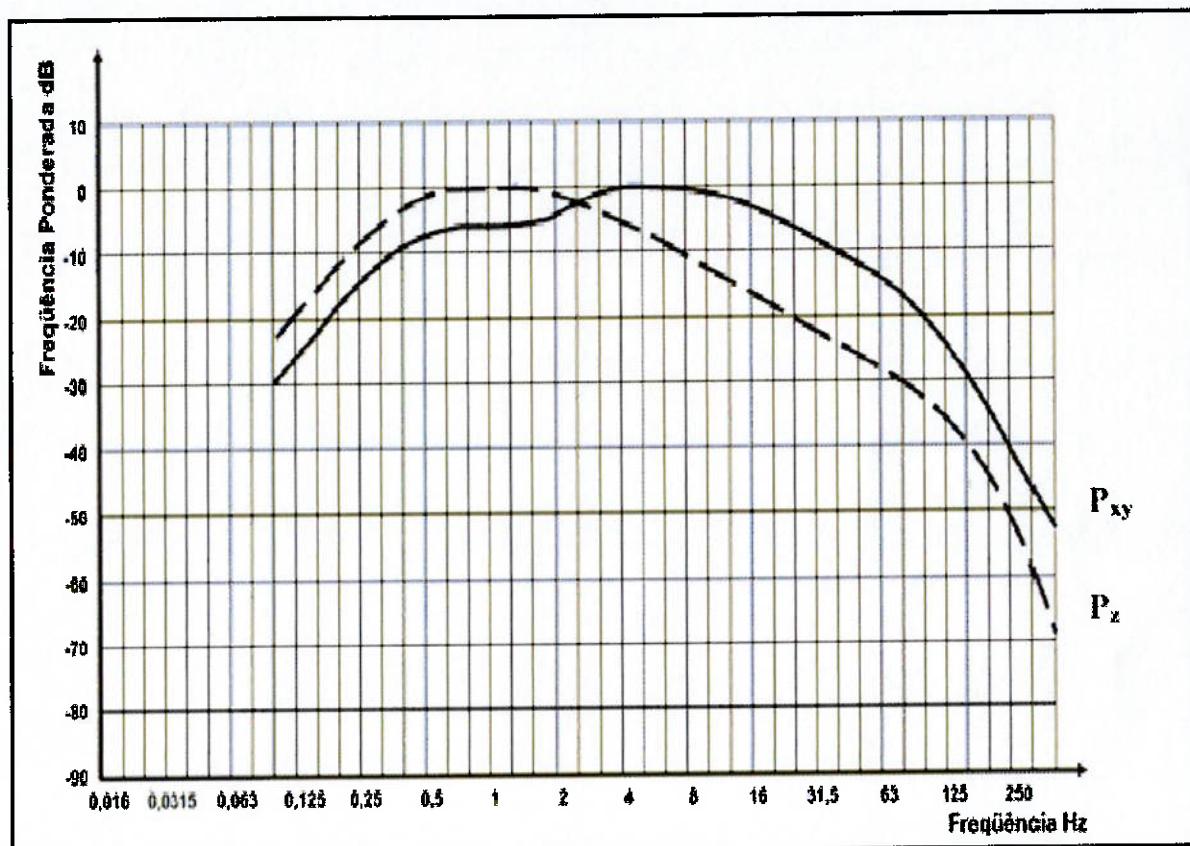


Figura 7 – Curva de ponderação em Freqüência
Fonte: ISO 2631 (1997)

Os valores obtidos na avaliação devem ser comparados com o guia de saúde (zonas de precaução), contido no Anexo B da ISO 2631 (1997), 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 2 são encontradas informações sobre limites aceitáveis montados por períodos diurnos e noturnos. Os valores apresentados são os fatores de multiplicação.

Tabela 2 – 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 |

3.2 Métodos de Avaliação da Exposição

3.2.1 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 freqüência, e é calculado como:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (2)$$

onde:

$a_w(t)$ aceleração ponderada [m/s^2] ou [rad/s^2]

T duração da medição [s]

\int integral de zero até T segundos

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 r.m.s, 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 $a_w(t)$ dependendo das características de vibração. Para os tipos de vibrações que contêm choques, quando o fator de crista for maior do que 9, é recomendado usar métodos de avaliação adicionais como o método r.m.s ou o método da dose de quarta potência 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.

3.2.2 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^2 , sendo normalizado para 8 horas [m/s^2 A(8)] ou A(8). O método A(8) produz uma exposição cumulativa usando uma aceleração média ajustada para representar um dia de trabalho de 8 horas. Então, através da equação calcula-se, pelo método rms, a aceleração ponderada em freqüência:

$$a_w(t_0) = \left\{ \frac{1}{\Gamma} \int_{t_0-\Gamma}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

$a_w(t)$ aceleração ponderada em freqüência instantânea

τ tempo de integração (normalmente τ de 1 s)

t tempo (variável de integração)

t_0 tempo de observação (tempo instantâneo)

3.2.3 Método dose de vibração

Esse método é mais sensível a picos do que o método de avaliação básico, porque usa a quarta potência em vez de segunda potência do histórico da aceleração. O valor da dose de vibração (VDV) de quarta potência é expresso em $m/s^{1.75}$ ou $rad/s^{1.75}$.

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{1/4} \quad (4)$$

Onde:

VDV Valor da dose de Vibração

$a_w(t)$ aceleração ponderada em freqüência instantânea

T tempo de medição

\int integral de zero até T segundos

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

$$VDV_{total} = (\sum (VDV_i)^4)^{1/4} \quad (5)$$

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

Quando a exposição à vibração consistir de dois ou mais períodos de exposição a diferentes magnitudes e durações, a magnitude da vibração equivalente em energia correspondente à duração total da exposição pode ser avaliada de acordo com a seguinte expressão:

$$a_{w,\theta} = \left[\frac{\sum a_{wi}^2 \cdot T_i}{\sum T_i} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Onde:

$a_{w,\theta}$ magnitude da vibração equivalente (aceleração *rms* em m/s^2)

a_{wi} magnitude da vibração (aceleração *rms* em m/s^2) para a duração da exposição T_i .

Alguns estudos indicam uma magnitude de vibração diferente dada pela expressão:

$$a_{w,\theta} = \left[\frac{\sum a_{wi}^4 \cdot T_i}{\sum T_i} \right]^{1/4} \quad (7)$$

Essas duas magnitudes equivalentes têm sido utilizadas no guia para saúde.

3.2.4 Efeitos no conforto, na saúde e percepção.

3.2.4.1 Efeitos na saúde

Para determinar os efeitos de exposição à vibração na saúde, a aceleração ponderada r.m.s. na faixa de freqüência 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 a mais alta aceleração de freqüência ponderada considerada para avaliação. Para uma pessoa sentada, deveriam ser incluídos nos cálculos os fatores multiplicadores adicionais, k:

Para eixo X e Y $P_{xy}, K = 1,4$

Para eixo Z $P_z, K = 1,0$

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

$$a_{p1} (T_1)^{1/2} = a_{p2} (T_2)^{1/2} \quad (\text{equação 1}) \quad (8)$$

Onde :

a_{p1}, a_{p2} aceleração r.m.s. ponderada em freqüência, valores para 1º e 2º exposição.

T_1, T_2 durações correspondentes para 1º e 2º exposição.

Na segunda relação, temos:

$$a_{p1} (T_1)^{1/4} = a_{p2} (T_2)^{1/4} \quad (\text{equação 2}) \quad (9)$$

A ilustração na figura 8 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.

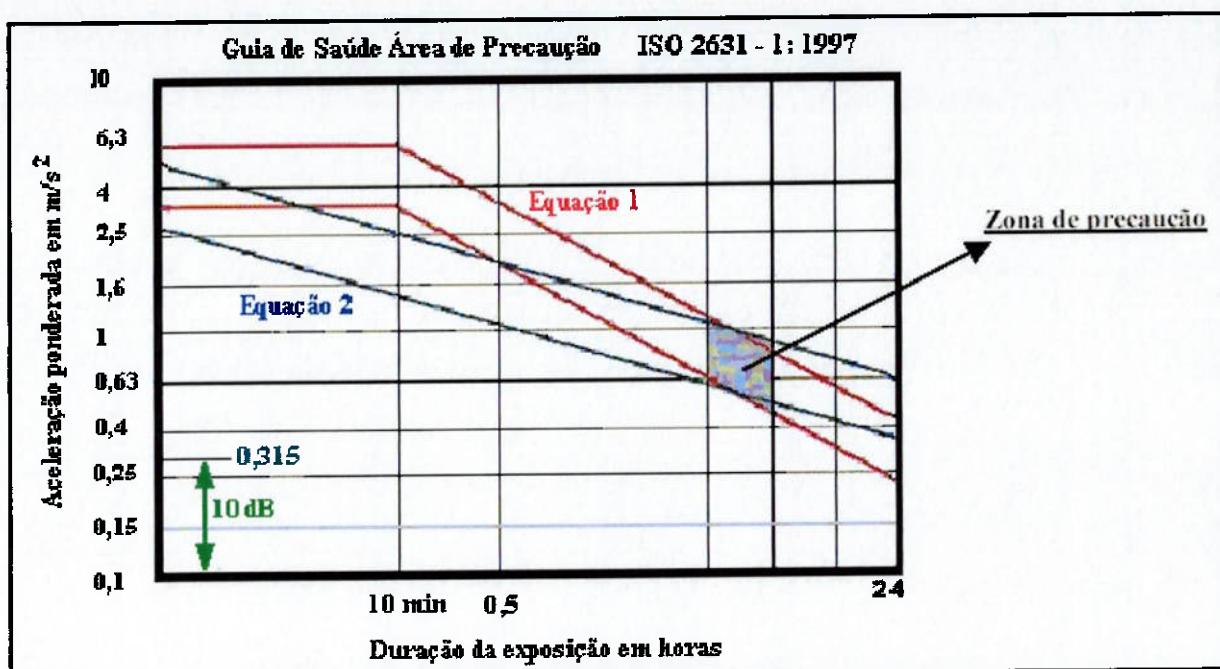


Figura 8 – Guia de Saúde – zona de precaução
Fonte: Adaptado da ISO 2631 (1997)

3.2.4.1.1 Redução no 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 freqüências, a_{p1} e a_{p2} que atuam durante tempos diferentes T_1 e T_2 , pode relacionar-se mediante a equação 1 (eq. 8). Desta expressão se deduz a forma imediata que ao duplicar o valor da aceleração r.m.s. ponderada em freqüência, 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.

3.2.4.2 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 freqüência de 0,5 a 80 Hz. As freqüências 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). Essas ponderações deveriam ser usadas juntas com os seguintes fatores multiplicadores.

Para eixo X e Y $P_{xy}, K = 1,0$

Para eixo Z $P_z, K = 1,0$

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

$$a_p = (K_x^2 a_{px}^2 + K_y^2 a_{py}^2 + K_z^2 a_{pz}^2)^{1/2} \quad (10)$$

a_{px}, a_{py}, a_{pz} aceleração r.m.s. ponderada para os eixos X, Y, Z respectivamente;
 K_x, K_y, K_z fatores multiplicadores para os eixos X, Y, Z respectivamente.

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

Tabela 3 – Efeitos no conforto de uma pessoa exposta a vibração

| a_w | Efeitos |
|--|------------------------|
| Menor 0,315 m/s ² | Não Incômodo |
| 0,315 m/s ² a 0,63 m/s ² | Pouco Incômodo |
| 0,5 m/s ² a 1,0 m/s ² | Razoavelmente Incômodo |
| 0,8 m/s ² a 1,6 m/s ² | Incômodo |
| 1,25 m/s ² a 2,5 m/s ² | Muito Incômodo |
| Maior que 2,0 m/s ² | Extremamente Incômodo |

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.

3.2.4.3 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 eixo X e Y | $P_{xy}, K = 1,0$ |
| Para eixo Z | $P_z, K = 1,0$ |

3.2.4.3.1 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 freqüência de 0,1 - 0,5 Hz. Uma única freqüência ponderada P_f é recomendada (veja tabela 3 e ilustração das curvas da freqüência ponderada para principais ponderações).

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

1 Medição considerando período de exposição completa

$$MSDV_z = \left\{ \int_0^T [a_p(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \quad (11)$$

MSDVz valor do movimento de enjôo

$a_p(t)$ aceleração ponderada em freqüência na direção Z

T período total de tempo (em segundos) que o movimento ocorreu

\int integral de zero até T segundos

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

$$MSDV_z = a_w T^{1/2} \quad (12)$$

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

Porcentagem (%) das pessoas que podem vomitar = k_m 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 $k_m = 1/3$.

3.3 Limites da ACGIH para Vibrações de corpo inteiro

Para a vibração de corpo inteiro, a ACGIH (2007) 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 (2007) utilizou a experiência de vários estudos, chegando à conclusão de que os limites da ISO 2631 (1997) 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 (2007), 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.

3.4 Diretiva Européia 2002/44/CE

A presente diretiva fixa prescrições mínimas, ou seja, estabelece valor-limite de exposição e valor de exposição que desencadeia a ação, o que dá para as empresas a possibilidade de manter ou adaptar disposições mais favoráveis para a proteção dos trabalhadores, em particular no que se refere à fixação de valores inferiores para o valor diário que desencadeia a ação ou para o valor-limite de exposição diária a vibrações.

A redução da exposição às vibrações é conseguida mais eficazmente pela adoção de medidas preventivas desde a fase de concepção dos postos e locais de trabalho, bem como, pela seleção do equipamento e dos processos e métodos de trabalho, de modo a reduzir prioritariamente os riscos na origem. As disposições relativas aos equipamentos e aos métodos de trabalho contribuem para a proteção dos trabalhadores que os utilizam.

O valor-limite de exposição e o valor de exposição que desencadeia a ação, para as vibrações transmitidas a todo o organismo são:

a) O valor-limite de exposição diária normalizada, correspondente a um período de referência de 8 horas, é fixado em $1,15 \text{ m/s}^2$, ou, num valor de dose de vibrações de $21 \text{ m/s}^{1,75}$.

b) O valor de exposição diária normalizada, correspondente a um período de referência de 8 horas, que desencadeia a ação é fixado em $0,5 \text{ m/s}^2$, ou, num valor de dose de vibrações de $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$.

As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, o valor limite de exposição e o valor de exposição que desencadeia a ação.

Tabela 4 - Valor limite de exposição

| VALOR LIMITE DE EXPOSIÇÃO DIÁRIA (m/s^2) | VALOR DOSE ($\text{m/s}^{1,75}$) |
|--|---------------------------------------|
| 1,15 | 21,0 |

Tabela 5 - Valor de exposição para ação

| VALOR DA EXPOSIÇÃO DIÁRIA (m/s^2) | VALOR DOSE ($\text{m/s}^{1,75}$) |
|---|---------------------------------------|
| 0,5 | 9,1 |

3.5 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).

3.5.1 MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

3.5.1.1 Atividades e Operações Insalubres - NR 15

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 nº3.751, de 23-11-1990 (DOU 26-11-90)

1.3 Nas atividades mencionadas nos Anexos nºs 6,13 e 14;

1.4 Comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos nºs 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 DRT's, 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 DRT's, desde que comprovada a insalubridade, o

perito do MTE indicara 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;

Em seu Anexo nº 8, determina que 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 localizada no local de trabalho visando a comprovação ou não da exposição do trabalhador a esse agente conforme os limites de tolerância definidos pela ISO 2361 e ISSO/DIS 5349 ou suas substitutas.

Constarão obrigatoriamente no laudo da perícia o critério adotado, o instrumental utilizado, a metodologia de avaliação, a descrição das condições de trabalho e o tempo de exposições às vibrações, o resultado das avaliações quantitativas, as medidas para a eliminação e/ou neutralização da insalubridade, quando houver.

A insalubridade, quando constatada, será de grau médio.

3.5.1.2 Equipamento de Proteção Individual – NR 6

O MTE estabelece que cabe ao empregador adquirir EPI adequado à atividade, treinar o trabalhador quanto a 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 importada, 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.

3.5.1.3 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.

3.5.1.4 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 obrigadas 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.

3.5.1.5 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) - NR 9

Os objetivos do PPRA é 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.

3.5.1.6 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 de controle implementadas, monitoramento da exposição aos fatores de riscos, e registros de manutenção de dados por no mínimo 20 (vinte) anos.

3.6 Ministério da Previdência e Assistência Social

3.6.1 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 freqüências de ocorrências prejudiciais para os trabalhadores da Empresa. Devendo ser emitido, necessariamente, com base nas informações colhidas do LTCA T.

O PPP tem como finalidade:

- a) comprovar as condições para habilitação de benefícios e Serviços previdenciários, em especial, o benefício 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 ou coletivo;
- c) prover a empresa de meios de prova produzidos em tempo real, de modo a organizar e 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 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 N° 3.048 - DE 6 DE MAIO DE 1999 - (DOU N° 86 DE 07/05/99 - Seção I PG. 50 a 108) - Replicado em 12/05/99 - Alterado pelos Decretos números 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.

3.7 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.

4 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 freqüência 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, tomam mais hábil 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 freqüência. 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 na figura 9.

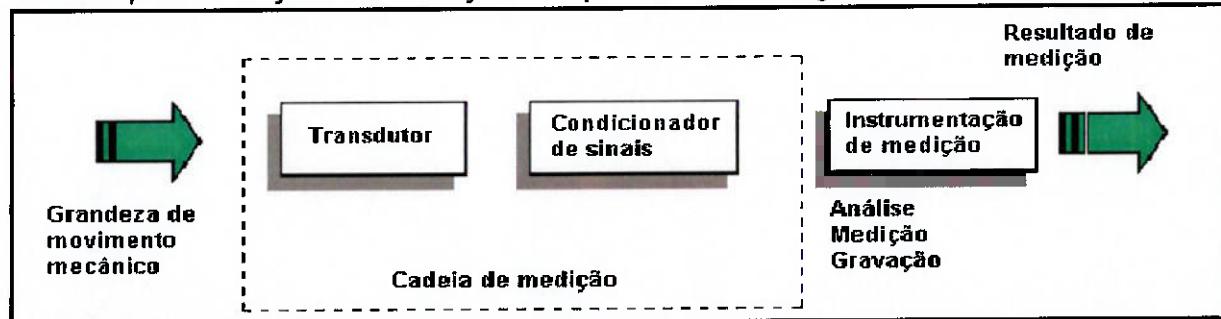


Figura 9 – Esquema básico de Sistema de Medição de Vibrações

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 podendo ainda ser composto de filtros passa bandas para selecionar freqüências específicas.

4.1 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 como 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 à relação entre o sinal de saída do transdutor e a entrada mecânica. 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; servoacelerômetro. 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 freqüência são usados para comparar as vibração medida com as normas, sendo só permitindo a passagem de certos componentes de freqüência pela função passa-bandas. Os medidores e analisadores de freqüência são os instrumentos mais utilizados na prática para aquissição registro e análise de vibrações.

As duas principais características são a resposta de freqüência e a faixa dinâmica. A resposta de freqüência é na verdade o desvio entre o valor medido e o valor verdadeiro da função de freqüência. A resposta de freqüência 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 freqüência 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.

4.2 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 tri axiais (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 simultaneamente. 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. Devem-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.

4.2.1 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 aos 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 reproduzibilidade 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 aqueles 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 S2.3I (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, sensibilidade de voltagem, resposta em freqüência do acelerômetro montado (ressonância); impedância elétrica (resistência, capacitação 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.

4.2.1.1 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 freqüência 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_m , como mostra a equação a seguir:

$$U_M^2 = U_c^2 + U_m^2 \quad (13)$$

4.3 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 União Européia, 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 toma-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 (DOPTEST) que estudou a forte relação entre a força do 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 anti-vibratórios.

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.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

À medida que as técnicas de isolação 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 freqüências, 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).

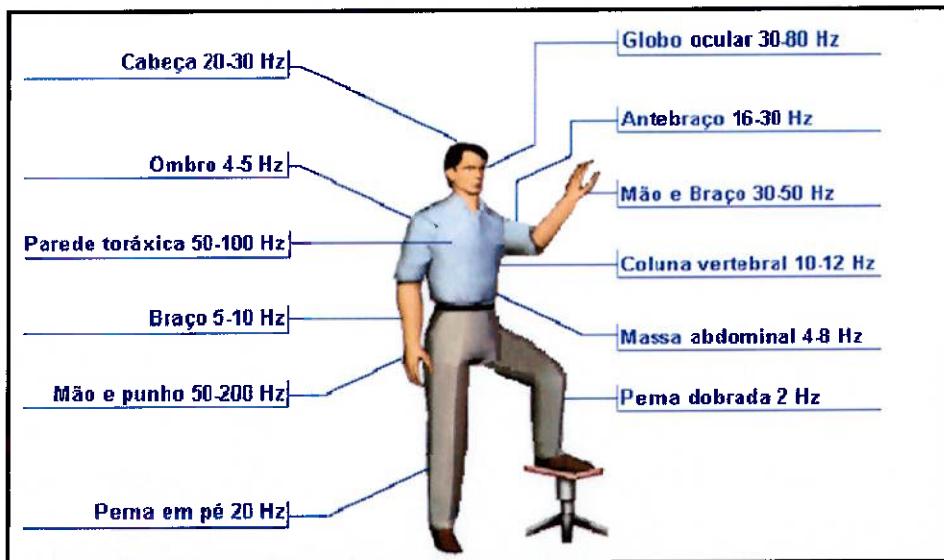


Figura 10 – Esquema básico de sistema biodinâmico
Fonte: Adaptado de Vendrame (2004)e CCHOS (2005)

Para avaliação de vibrações transmitida ao corpo inteiro (VCI) foram realizadas medições em uma unidade florestal da indústria de papel e celulose.

5.1 Entrevistas:

Com o intuito de realizar as avaliações com uma margem de 100% representatividade e minimizar as incertezas nos valores medidos foi realizada uma entrevista com o operador do equipamento para descrever todas as atividades realizadas em dia típico de trabalho, as medidas de controle à vibração de corpo inteiro existentes no equipamento, tempo de operação diária do equipamento e características dos pneus e qualquer tipo de avarias existente que possa vir a interferir nos resultados da avaliação.

5.2 Características Principais do Equipamento utilizado:

Tipo 1 de acordo com a norma ISO 8041:2005;

Medição simultânea de X, Y, Z e vetor soma;

Medições de acordo com a ISO 2631 e ISO 5345;

Ligação com acelerômetros ICP;

Conjunto de filtros para medição nos sistemas mão e braço e corpo inteiro;

Memória de 100 medições;

Armazenamento de 10 configurações.



Figura 11 – Equipamento HVM 100 e acessórios

5.3 Fixação do transdutor ou acelerômetro

Após realizar a checagem da configuração do equipamento, integridade física do mesmo, finalizada a entrevista, fixou-se o acelerômetro no assento do banco e deu-se início as avaliações conforme figuras 12 e 13.

O acelerômetro deve ser preferencialmente, posicionado entre o corpo humano e a fonte geradora. Já a duração da medição deve ser suficiente para uma precisão estatística razoável, cobrindo, pelo menos, um ciclo de trabalho.



Figura 12 – Esquema de fixação do acelerômetro

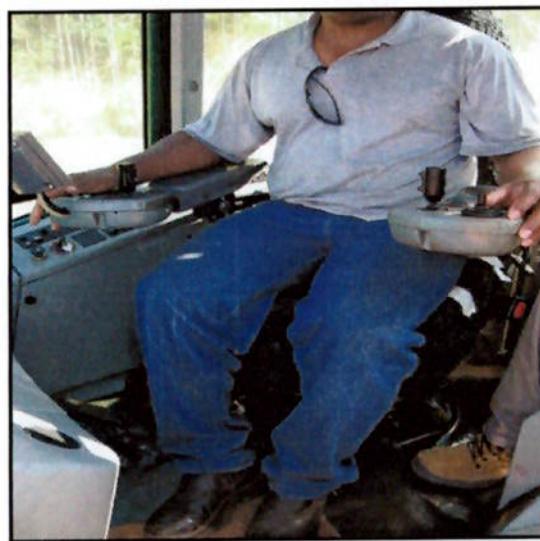


Figura 13 – Operador sentado com o acelerômetro fixado no banco

5.4 Estudo de Caso

Na seqüência encontra-se a descrição dos campos da tabela dos valores medidos e as Tabelas 6,7 e 8 apresentam os resultados obtidos.

Atividade: Descrição do trabalho/operação, no momento da avaliação.

Número de Registro: Número seqüencial informado pelo equipamento.

Tempo de Medição (segundos): Tempo de duração da medição.

VDV Encontrado SUM m/s^{1,75}: Valor dose de vibração (soma vetor), elevado a quarta potência, obtido através da leitura no equipamento.

Fator de Crista Linear: Valor de pico dividido pelo valor da raiz métrica quadrática.

Método básico de avaliação para FC ≤ 9.

Valores Obtidos Aeq (m/s²): Valor de aceleração equivalente para os respectivos eixos (X, Y e Z) e soma vetor (SUM).

Magnitude Vibração Equivalente Medida - SUM (m/s²) – Magnitude da vibração equivalente em energia, correspondente à duração total da exposição.

VDV Total Medido SUM (m/s^{1,75}): Valor dose de vibração (soma vetor) em dois ou mais períodos de diferentes magnitudes.

Tempo Total de Exposição (horas): Tempo líquido estimado de utilização diária do equipamento avaliado, de acordo com as informações dos funcionários da empresa.

AP (m/s²): Aceleração ponderada em m/s² extraída da Figura 2 do Guia à Saúde e figura 8 deste trabalho, a partir do tempo total de exposição.

Tempo Permitido (h:m): Tempo permitido de utilização diária do equipamento avaliado, extraído da Figura 2 do Guia à Saúde e figura 8 deste trabalho, a partir da magnitude de vibração equivalente encontrada SUM em m/s².

VLE (m/s²): Valor limite de exposição em m/s² normalizado para um período de referência de 8 horas, estabelecido pela Comunidade Européia.

VDV SUM m/s^{1,75} - Valor limite de exposição normalizado para um período de referência de 8 horas estabelecido pela Comunidade Européia.

NA VLE (m/s²): Nível de ação referente ao valor limite de exposição normalizado pela Comunidade Européia.

NA VDV SUM (m/s^{1,75}): Nível de ação referente ao valor dose de vibração normalizado pela Comunidade Européia.

TABELA 6 - AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

| ATIVIDADE | Nº Registro | Tempo de Medição (s) | VDV medido SUM (m/s ^{1.75}) | RESULTADOS | | | | | | Magnitude Vibração Equivalente medida SUM (m/s ²) | VDV Total medida SUM (m/s ^{1.75}) | Tempo Total de Exposição (horas) | ISO 2631/1997 AP (m/s ²) | Tempo Máximo Permitido (h:m) | Comunidade Européia | | | | | | | | | |
|---|-------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|-------|-------|-------|--|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|--|
| | | | | Fator de Crista Linear (≤9) | Valores Obtidos Aeq (m/s ²) | | | | | | | | | | | VDV SUM (m/s ^{1.75}) | VLE (m/s ²) | NA VLE (m/s ²) | NA VDV SUM (m/s ^{1.75}) | | | | | |
| | | | | | X | Y | Z | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimentar máquina vazia de ré até o feixe de eucalipto contra o alinhamento e planílo com camaleão – Distância 100 metros. | 10 | 69 | 10,10 | 8,31 | 0,762 | 1,370 | 1,000 | 2,420 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Velocidade aproximada 7,0 a 8,2 Km/h. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pegar o 1º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 11 | 25 | 2,13 | 3,64 | 0,331 | 0,331 | 0,341 | 0,737 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 2º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,7 a 7,2 Km/h. | 12 | 26 | 5,80 | 6,29 | 0,707 | 0,889 | 0,762 | 1,760 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pegar o 2º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 13 | 36 | 1,58 | 3,24 | 0,204 | 0,235 | 0,278 | 0,517 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 3º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,7 a 7,2 Km/h. | 14 | 13 | 3,26 | 4,87 | 0,462 | 0,638 | 0,479 | 1,200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pegar o 3º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 15 | 44 | 2,01 | 4,18 | 0,231 | 0,287 | 0,282 | 0,588 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 4º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,7 a 7,2 Km/h. | 16 | 39 | 4,64 | 5,40 | 0,471 | 0,793 | 0,571 | 1,410 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pegar o 4º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 17 | 40 | 2,13 | 3,60 | 0,269 | 0,288 | 0,298 | 0,635 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimentar, descarregar em movimento o feixe de eucaliptos na pilha próximo a estrada. | 18 | 07 | 1,55 | 2,50 | 0,321 | 0,414 | 0,296 | 0,790 | | | | | | | | | | | | | | | | |

ISO 2631 – de acordo com o tempo real de exposição, a magnitude da vibração equivalente encontrada está acima da aceleração ponderada, portanto inaceitável.

O Fator de Crista do registro encontra-se abaixo do estabelecido.

Diretiva da Comunidade Européia – a magnitude da vibração equivalente encontrada está inaceitável em relação ao VLE e ao NA-VLE. No caso do VDV Total Encontrado, o mesmo encontra-se abaixo do VDV, e acima do NA-VDV.

Obs.: Assento com beixa de ar sob o assento, eucaliptos deitados, eucaliptos danificados. Solo arenoso, pontas de tocos, eucaliptos deitados, depressão e ondulação. Operador com 100 kg, 1,72 m de altura, 42 anos.

TABELA 7 - AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

| ATIVIDADE | Nº Registro | Tempo de Medição (s) | VDV medido SUM (m/s ^{1,75}) | RESULTADOS | | | Magnitude Vibração Equivalente medida SUM (m/s ²) | VDV Total medido SUM (m/s ^{1,75}) | Tempo Total de Exposição (horas) | ISO 2631/1997 AP (m/s ²) | Tempo Máximo Permitido (h:m) | Comunidade Europeia | | | |
|---|-------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | Fator de Crista Linear (≤9) | X | Y | | | | | | VLE (m/s ²) | NA-VLE (m/s ²) | NA-VDV SUM (m/s ^{1,75}) | |
| Movimentar máquina vazia de ré até o feixe de eucaliptos contra o alinhamento e plantio com camaleão – Distância 200 metros. Velocidade aproximada 6,2 a 8,5 Km/h. | 30 | 120 | 10,20 | 5,18 | 0,718 | 1,410 | 0,864 | 2,380 | | | | | | | |
| Pegar o 1º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 31 | 30 | 1,83 | 3,23 | 0,263 | 0,315 | 0,286 | 0,641 | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 2º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,3 a 7,8 Km/h. | 32 | 23 | 3,86 | 2,46 | 0,591 | 0,738 | 0,510 | 1,420 | | | | | | | |
| Pegar o 2º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 33 | 49 | 8,77 | 7,64 | 0,767 | 0,736 | 0,793 | 1,570 | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 3º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,3 a 7,8 Km/h. | 34 | 25 | 3,69 | 3,30 | 0,402 | 0,771 | 0,485 | 1,310 | | | | | | | |
| Pegar o 3º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 35 | 33 | 1,79 | 2,95 | 0,204 | 0,305 | 0,288 | 0,588 | | | | | | | |
| Traçar até a pilha aproximadamente 100 metros e descarregar em movimento o feixe de eucaliptos na mesma, próximo a entrada. (Passou sobre os eucaliptos que estavam na pilha para descarga) | 36 | 83 | 6,25 | 6,30 | 0,526 | 0,872 | 0,556 | 1,530 | | | | | | | |

ISO 2631 – de acordo com o tempo real de exposição, a magnitude da vibração equivalente encontrada está acima da aceleração ponderada, portanto inaceitável.

O Fator de Crista de todos os registros encontram-se abaixo do estabelecido.

Diretiva da Comunidade Europeia – a magnitude da vibração equivalente encontrada está inaceitável em relação ao VLE e ao NA-VLE. No caso do VDV Total Encontrado, o mesmo encontra-se abaixo do VDV, e acima do NA-VDV.

Obs.: Assento com bexiga de ar sob o assento, amortecedor danificado. Solo arenoso, pontas de tocos, eucaliptos desfeitos, depressão e ondulação. Operador com 100 kg, 1,72 m de altura, 42 anos.

TABELA 8 - AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

| ATIVIDADE | Nº Regis- tro | Tempo de Medição (s) | VDV medido SUM (m/s ^{1,75}) | RESULTADOS | | | | | | Magnitude Vibração Equivalente medida SUM (m/s ²) | VDV Total medido SUM (m/s ^{1,75}) | Tempo Total de Exposiçāo (horas) | ISO 2631/1997 | | | Comunidade Européia | | |
|--|---------------|----------------------|---------------------------------------|---|-------|-------|-------|------------------------|------------------------------|---|---|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----|--|
| | | | | Valores Obtidos Aeq (m/s ²) | | | | AP (m/s ²) | Tempo Máximo Permitido (h:m) | | | | VDV SUM (m/s ^{1,75}) | NA VDE (m/s ²) | NA VDV SUM (m/s ^{1,75}) | | | |
| | | | | Fator de Crista Linear (≤9) | X | Y | Z | | | | | | | | | | | |
| Movimentar máquina vazia de ré até o feixe de eucaliptos contra o alinhamento e plantio com camaleão – Distância 200 metros. Velocidade aproximada 6,2 a 8,5 Km/h. | 38 | 120 | 9,63 | 3,71 | 0,660 | 1,370 | 0,755 | 2,260 | | | | | | | | | | |
| Pegar o 1º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 39 | 28 | 1,61 | 3,22 | 0,242 | 0,181 | 0,311 | 0,524 | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 2º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,3 a 7,8 Km/h. | 40 | 21 | 3,04 | 2,92 | 0,471 | 0,604 | 0,433 | 1,160 | | | | | | | | | | |
| Pegar o 2º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 41 | 29 | 1,63 | 3,08 | 0,234 | 0,255 | 0,279 | 0,559 | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 3º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,3 a 7,8 Km/h. | 42 | 15 | 3,41 | 3,01 | 0,609 | 0,671 | 0,465 | 1,350 | 1,50 | 10,37 | 6,00 | 0,538 | 01:30 | a | 1,15 | 21,0 | 0,5 | |
| Pegar o 3º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 43 | 50 | 1,59 | 3,64 | 0,187 | 0,173 | 0,295 | 0,463 | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina para pegar o 4º feixe de eucalipto. Velocidade aproximada 6,3 a 7,8 Km/h. | 44 | 78 | 7,13 | 9,63 | 0,536 | 0,859 | 0,678 | 1,570 | | | | | | | | | | |
| Pegar o 4º feixe de eucalipto de frente com a máquina parada, funcionando. | 45 | 51 | 2,41 | 3,54 | 0,264 | 0,372 | 0,349 | 0,727 | | | | | | | | | | |
| Movimentar a máquina em curta distância e parar. Velocidade aproximada de 6,3 a 7,8 Km/h. | 46 | 11 | 2,87 | 3,34 | 0,428 | 0,643 | 0,537 | 1,210 | | | | | | | | | | |
| Descarregar em movimento o feixe de eucalipto próximo a estrada. | 47 | 08 | 2,00 | 2,73 | 0,462 | 0,359 | 0,447 | 0,932 | | | | | | | | | | |

ISO 2631 – de acordo com o tempo real de exposição, a magnitude da vibração equivalente encontrada está acima da aceleração ponderada, portanto inaceitável.

O Fator de Crista no estudo 44 está inaceitável devido à feixe de eucalipto, enquanto que os demais resultados encontram-se abaixo do estabelecido.

Diretiva da Comunidade Européia – a magnitude da vibração equivalente encontrada está inaceitável em relação ao VLE e ao NA-VLE. No caso do VDV Total Encontrado, o mesmo encontra-se abaixo do VDV, e acima do NA-VDV.

Obs.: Assento com bexiga de ar sob o assento, amortecedor danificado. Solo arenoso, pontas de tocos, eucaliptos deitados, depressão e ondulação. Operador com 100 kg, 1,772 m de altura, 42 anos.

5.5 Fotos do local e Equipamento Avaliado



Figura 14 e 15 – Ilustração do local e equipamento do estudo de caso

6 CONCLUSÕES

Pode-se concluir segundo dados medidos que os níveis de vibrações encontram-se acima dos níveis estabelecidos pelas ISO 2631 e diretiva europeia.

Cabe a adoção de algumas medidas listadas a seguir com o intuito da redução da exposição dos operadores à vibração de corpo inteiro.

Verificar a possibilidade de reduzir a velocidade de operação, pois quanto menor a velocidade menor a influência de vibração no trabalhador, independentemente da distância percorrida.

Analizar as condições dos assentos nas máquinas e verificar a possibilidade de implantar cintos de segurança de 4 pontas para melhor fixação do corpo no assento e apoio para os braços.

Reducir o tempo de exposição junto aos pontos/situações mais críticos, de modo a adequar a exposição.

Reducir o nível de vibração transmitida ao indivíduo. No caso de equipamentos, podem ser obtidos resultados satisfatórios através de ajustes nas peças com folgas, tipo de pneumático, pressão de calibração dos pneus, assentos com amortecedores e regulagem de encosto e outras medidas que venham a beneficiar a situação.

É recomendável que nos procedimentos de manutenção se estabeleça uma rotina de verificação de todos os componentes que estejam associados à vibração de um equipamento ou veículo. Alterações nas práticas operacionais, nos equipamentos ou no tipo de piso, demandarão novo estudo para avaliação das novas situações.

Devem ser realizados controles médicos periódico, baseados no conhecimento atual dos efeitos das vibrações de corpo inteiro no homem, de forma a serem detectadas alterações precoces e o afastamento dos expostos ou a redução de sua exposição aos valores recomendados.

A implantação do Programa de Controle de Riscos à Vibração (PCRV) é imprescindível devendo ser observados componentes mínimos para sua aplicação:

- Monitoramento dos níveis de vibração;
- Controle de Engenharia e Administrativo;
- Avaliação e Controle Médico;

Treinamento e Motivação;

Manutenção de Registros;

Acompanhamento e Reavaliação do Programa.

A implantação do Programa de Controle de Riscos à Vibração (PCRV) deverá estar contemplada na Estrutura do PPRA em todas as suas etapas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 à exposição de vibrações de mãos e braços e corpo inteiro.

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 como, por exemplo, distúrbios associados a vibrações e químicos. Em resumo o efeito de vibrações em conjunto com a poluição do ar, química, ruído, e calor é 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 que pode 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 exigências a serem aplicadas em quaisquer processos 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. Mas,

não se deve ter confiança única nos certificados de aprovação (CA) do equipamento e sim medidas de controle para verificar o uso adequado ao meio e ao individuo como caracterizam as boas práticas 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, consequentemente, 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 anti-vibratórias. 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.

REFERÊNCIAS

AL VARADO, A. O. Sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional, I., 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NATIONAL STANDARD INSTITUTE, **NBR 16001**.Responsabilidade social - Sistema da gestão - Requisitos, Rio de Janeiro, 2004.

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: 10th 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, apri1. 1988,32 p.

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, 2007.

CUNHA L 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.

DIRETIVA EUROPEIA 2002/44/EC do Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia 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. 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 mecánicas en el 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.

GOELZER, Berenice L 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 012-303040-4.

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.

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, SENAIIDN, 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 (ILOOOSH), 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:

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

_____.ISO 8041: Human Response to Vibration - Measuring Instrumentation, Geneva, 2005, 9lp.

_____.ISO 8862: Hand-held portable power tools- Measurement of vibrations at the handle - Part I: 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 16063-1: Methods for the calibration of vibration transducers, Part I: 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.

JUSTINOV A L. Back problems among car drivers: A summary of studies during the last 30 years. In: 39th 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. Dezembro de 2000.

MAEDA S., DONG R.G., Measurements of Hand- Transmitted Vibration Exposures, In: 10th 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: 11th JAPAN GROUP MEETING ON HUMAN RESPONSE TO VIBRATION, Japan 23-25, **Proceedings**, 2003.

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.

NELSON C., Assessing Exposure to Vibration, In: 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARMVIBRATION. Nevada, **Proceedings**, Las Vegas, 2004.1 CD-ROM.

NELSON C., BRERETON P., Plans for Effective Implementation of the European Vibration Directive, In: 10th 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

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

POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHOR, PNSST, versão para sugestões, GT interministerial MPSIMS/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 SIBRA V**, São Paulo, SP,1995.

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, L 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 set.2008

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.

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

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

VENDRAME A. C. Vibrações Ocupacionais. Disponível em: <<http://www.safetyline.com>>. Acesso em: 28 set.2008

XIMENES, G. M.; MAINIER F. B. Programas de proteção de saúde e segurança de exposição às vibrações, In: XXV ENEGEP, Porto Alegre. **Anais ABEPROM**. ISBN 85-8847815-3.,2005a. 1 CD-ROM.