

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

**Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua
utilização na avaliação da exposição ocupacional do
operador à vibração**

IRLON DE ÂNGELO DA CUNHA

Campinas, SP

2000



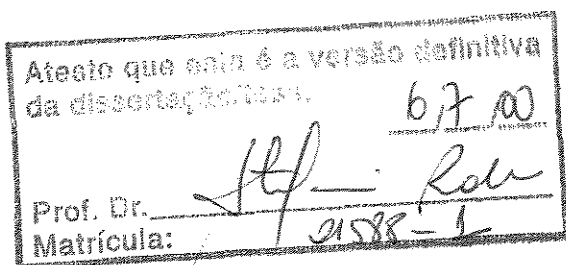
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua
utilização na avaliação da exposição ocupacional do
operador à vibração**

Irlon de Ângelo da Cunha

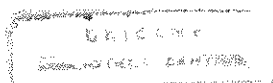
Orientadora: Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli



Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente.

Campinas, SP

2000



200015673

UNIDADE	82
N.º CHAMADA:	UNICAMP
	C 914n
V.	EL
TOMBO BC/	42771
PROC.	161278100
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	17/10/00
N.º CPD	

CM-00145892-0

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C914n Cunha, Irlon de Ângelo da
Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua utilização na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração / Irlon de Ângelo da Cunha.-- Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientadora: Stelamaris Rolla Bertoli
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Motosserras. 2. Ferramentas- Vibração - Ruído. 3. Doenças profissionais. 4. Mãos - Doenças. I. Bertoli, Stelamaris Rolla. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

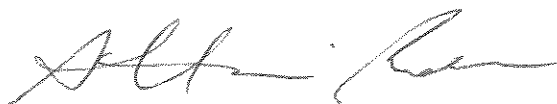
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua
utilização na avaliação da exposição ocupacional do
operador à vibração**

Irlon de Ângelo da Cunha

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli

Presidente e Orientadora

Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP



Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki

FEC - UNICAMP



Prof. Dr. José Roberto de França Arruda

FEM - UNICAMP

Campinas, 8 de fevereiro de 2000

**“Aos queridos Larissa, Willian e Salete, pelos
maravilhosos momentos ...”**

**“A meus pais, exemplo de vida e de luta
constante a favor do bem”**

**“ ... tempo, tempo, tempo, remédio universal
para tudo e para todos, nada, absolutamente
nada resiste a sua ação porque a direção é
única ... ”**

Irlon de Ângelo da Cunha

AGRADECIMENTOS

À Professora Stelamaris Rolla Bertoli, pela orientação, consideração e amizade.

À FUNDACENTRO, pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho.

À Maria Salete Corrêa Dias, minha esposa, pela paciência, suporte e sugestões prestadas.

Aos amigos da Coordenação de Segurança Rural e Coordenação de Higiene do Trabalho, pelos trabalhos conjuntos, convivência e companheirismo.

Aos engenheiros Rosa Yasuko Yamashita, Ila Maria Corrêa, José Valdemar Gonzalez Maziero, pela viabilização, apoio e participação nos ensaios normalizados.

Ao Centro de Mecanização e Automação Agrícola (CMAA) do Instituto Agronômico de Campinas por ter possibilitado a realização dos ensaios normalizados para determinação dos níveis de ruído e vibração e em especial aos técnicos e auxiliares que participaram no seu desenvolvimento.

À Husqvarna/Eletrolux que cedeu as motosserras ao CMAA/IAC e FUNDACENTRO a fim de viabilizar os ensaios normalizados.

A todos que, indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	xi
Definições.....	xiii
Siglas e abreviações.....	xvi
Trabalhos relacionados à dissertação.....	xvii
Resumo.....	xviii
Abstract.....	xx
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo geral	5
2.2 Objetivos específicos	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Os efeitos da exposição à vibração em mãos e braços e a evolução das motosserras	7
3.2 Normas voltadas a avaliação da exposição humana à vibração em mãos e braços.....	12
3.3 Variabilidade da vibração gerada pelas motosserras	25
3.4 Recomendações e critérios relativos a limites para vibração	28
3.5 Avaliação da exposição.....	37
3.5.1 Seleção e montagem dos transdutores.....	38
3.5.2 Determinação do tempo de exposição `a vibração	42
3.6 Medidas preventivas e o controle do risco	52
3.6.1 Luvas anti-vibratórias.....	56
4 MATERIAIS E MÉTODOS	66

4.1 Desenvolvimento de ensaios normalizados.....	67
4.1.1 Ensaios de vibração.....	67
4.1.1.1 Equipamentos e acessórios utilizados	69
4.1.1.2 Descrição da montagem dos acelerômetros.....	69
4.1.2 Ensaios de ruído.....	72
4.1.2.1 Equipamento e acessórios utilizados.....	73
4.1.3 Motosserras avaliadas	73
4.1.4 Corpos de prova.....	73
4.2 Medição da vibração em campo em condições reais de exposição do operador.....	78
4.2.1 Equipamentos e acessórios utilizados	79
4.2.2 Descrição da montagem dos acelerômetros	80
5 RESULTADOS	81
5.1 Resultados da avaliação da vibração segundo ensaios normalizados.....	81
5.2 Resultados da avaliação dos níveis de pressão sonora segundo ensaios normalizados.....	85
5.3 Resultados da medição da vibração durante condições de uso normal do equipamento em campo	88
5.4 Dados de vibração e ruído fornecidos por fabricantes de motosserras.....	90
6 DISCUSSÃO	93
6.1 Resultados obtidos nos ensaios normalizados e em campo	93
6.2 Quantificação da duração da exposição à vibração por meio da utilização do histórico de exposição ao ruído	99
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	101
7.1 A importância e aplicação do histórico de exposição ao ruído na quantificação da duração da exposição à vibração em mãos e braços.....	101
7.2 Níveis de vibração e ruído fornecidos por fabricantes de ferramentas manuais vibratórias..	102
7.3 A prevenção e o controle do risco	104
ANEXOS	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
APÊNDICES	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Níveis de vibração de três diferentes gerações de motosserras em bandas de oitava provenientes da empunhadura frontal na direção relativa ao terceiro metacarpo do operador. — motosserra fabricada em 1958; —●— motosserra fabricada em 1972; —x— motosserra fabricada em 1978	10
Figura 2 - Tempo de exposição para incidência de branqueamento nos dedos para diferentes percentis do grupo da população exposta a vibração nos três eixos de coordenadas.....	16
Figura 3 - Ponderação em frequência para mãos e braços.....	20
Figura 4 - Dispositivo para ensaio de motosserras.....	26
Figura 5 - Detalhe da fixação da motosserra no dispositivo de ensaio.....	27
Figura 6 - Saída elétrica versus aceleração para acelerômetros piezoelétricos.....	39
Figura 7 - Resposta em frequência de um acelerômetro submetido a uma aceleração constante	39
Figura 8 - Resposta da sensibilidade e fase de um acelerômetro em função da frequência.	42
Figura 9 - Frequência e severidade de cada sintoma em relação ao tempo total de operação da motosserra	44

Figura 10 - Histórico de exposição ao ruído de um motosserrista num turno de trabalho de aproximadamente 8 horas.	48
Figura 11 - Fatores que influem na relação entre a vibração transmitida, a severidade, prevalência e latência dos sinais e sintomas adversos.	51
Figura 12 - Esboço conceitual de um programa para prevenção de distúrbios ocasionados pela vibração	52
Figura 13 - Transmissibilidade em bandas de terças de oitavas.....	64
Figura 14 - Posicionamento dos acelerômetros.....	70
Figura 15 - Detalhes da montagem dos acelerômetros.....	71
Figura 16 - Formato do corpo de prova segundo normas internacionais.....	74
Figura 17 - Formato da tora utilizada nos ensaios de vibração	74
Figura 18 - Fixação do corpo de prova em cavalete.....	76
Figura 19 - Transporte do corpo de prova.....	77
Figura 20 - Posicionamento do corpo de prova e motosserra para a operação de corte.....	77
Figura 21 - Operação de traçamento.....	79
Figura 22 - Resposta em frequência típica do adaptador para empunhadura B&K UA 0894.....	80
Figura 23 - Estimativa da duração da exposição obtida a partir dos dados da tabela 9.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Magnitude da aceleração ponderada em frequência (<i>r.m.s</i>) em m/s^2 considerada capaz de produzir branqueamento nos dedos em 10% das pessoas expostas de acordo com a Norma BS 6842 (1987).....	19
Tabela 2 - Níveis de pressão sonora exeqüíveis.....	29
Tabela 3 - Valores de vibração exeqüíveis	30
Tabela 4 - Duração da exposição em anos para início da <i>VWF</i>	32
Tabela 5 - Limites de exposição das mãos em quaisquer direções X_h , Y_h , Z_h	34
Tabela 6 - Sistema de classificação da síndrome da vibração em mãos e braços (<i>HAVS</i>) do Workshop de Estocolmo para sintomas vasculares periféricos e neurosensoriais induzidos pelo frio.....	35
Tabela 7 - Nível médio de vibração durante uma jornada de trabalho correspondente a um $A(8) = 2,8 \text{ m/s}^2$	37
Tabela 8 - Tempo de duração da condição estimada (Est.) de cada motosserra através das faixas otimizadas de níveis de pressão sonora e as durações observadas (Obs.).....	47
Tabela 9 - Duração estimada para cada modo de operação da motosserra para 13 operadores em condições de campo	49
Tabela 10 - Características das diferentes luvas testadas.....	59

Tabela 11 - Valores de proteção assumidos para quatro diferentes tipos de luva.....	62
Tabela 12 - Valores de transmissibilidade da vibração: linear e ponderada.....	65
Tabela 13 - Dimensionamento do corpo de prova em função das características da motosserra.....	75
Tabela 14 - Valores de aceleração para o modelo 288XP	82
Tabela 15 - Valores de aceleração para o modelo 254XP	83
Tabela 16 - Valores de aceleração para o modelo 61	84
Tabela 17 - Resultados do ensaio de ruído para a motosserra 288 XP.....	86
Tabela 18 - Resultados do ensaio de ruído para a motosserra 254 XP.....	86
Tabela 19 - Resultados do ensaio de ruído para a motosserra 61.....	87
Tabela 20 - Ruído de fundo.....	87
Tabela 21 - Resultados das medições realizadas em campo, em condições normais de operação com a motosserra 254 XP	89
Tabela 22 - Valores de aceleração fornecidos por revendedores e/ou fabricantes de equipamentos.....	91
Tabela 23 - Níveis de ruído fornecidos por revendedores e/ou fabricantes de equipamentos....	92
Tabela 24 - Aceleração resultante nas empunhaduras frontal e traseira para alguns modelos de motosserra.....	93
Tabela 25 - Acelerações compostas e ruído gerados pelas motosserras 288 XP, 61 e 254XP obtidos a partir das condições em vazio, carga e acelerado.....	95

DEFINIÇÕES

Aceleração composta – para fins deste trabalho denomina-se de aceleração composta ao valor obtido a partir das acelerações resultantes correspondentes às operações em vazio, carga e acelerado de uma motosserra, conforme expressão:

$$a_{hw(C)} = \left[\frac{1}{3} \left(a_{(v)}^2 + a_{(c)}^2 + a_{(a)}^2 \right) \right]^{1/2}$$

onde :

$a_{(v)}$; $a_{(c)}$; $a_{(a)}$ = correspondem às acelerações ponderadas (r.m.s), obtidas com o equipamento operando nas condições em vazio (marcha lenta), carga e acelerado respectivamente.

Aceleração eficaz – também denominada de **r.m.s** (*Root Mean Square*) corresponde à raiz quadrada da média temporal das acelerações instantâneas elevadas ao quadrado (raiz média quadrática).

Aceleração equivalente $[a_{hw(eq,8h)} ; (a_{h,w})_{eq(8)} ; A_{(8)}]^1$ - corresponde à aceleração equivalente em 8 horas, valor eficaz (r.m.s) com ponderação em frequência para mãos e braços

¹ Notações utilizadas por diversos autores e que foram mantidas ao longo do trabalho. Se o período considerado for de quatro horas ao invés de oito, o número 8 presente nas notações e equação é substituído por 4.

(conforme anexo 1), dada pela equação:

$$a_{hw(eq, 8h)} = \left\{ \frac{1}{T_{(8)}} \int_{t=0}^{t=T} [a_{hw}(t)]^2 dt \right\}^{1/2}$$

onde:

$T_{(8)}$ - corresponde a 8 horas

$a_{hw}(t)$ - é o valor instantâneo da aceleração ponderada em frequência (m/s^2)

T - é a duração total da jornada diária.

Aceleração resultante - denominada na língua inglesa de valor **r.s.s** (root sums of squares), corresponde à raiz da soma dos quadrados das acelerações ponderadas em frequência segundo os três eixos ortogonais. Este valor pode ser útil na comparação entre diferentes ferramentas e processos. Matematicamente o valor **r.s.s** é calculado pela seguinte expressão:

$$a_{xyz(rms)} = [a_{x(rms)}^2 + a_{y(rms)}^2 + a_{z(rms)}^2]^{1/2}$$

Acelerômetro piezoelétrico— transdutor eletromecânico que gera na sua saída um sinal elétrico quando submetido a uma vibração ou choque mecânico. Dentro da faixa dinâmica e faixa de frequência de interesse, a saída elétrica deve ser diretamente proporcional à aceleração da vibração aplicada a sua base.

Nível de ação: Valor a partir do qual devem ser tomadas medidas preventivas dentre as quais inclui-se uma vigilância à saúde dos indivíduos expostos à vibração.

Nível de aceleração ($L_{(a)}$) - corresponde a aceleração expressa em decibel (dB) obtida a partir da seguinte expressão:

$$L_a = 20 \log_{10} \left[\frac{a}{a_{ref}} \right]$$

Onde:

a = aceleração medida em m/s^2

a_{ref} = valor de referência = $10^{-6} m/s^2$

Sensibilidade do acelerômetro – relação entre a saída elétrica fornecida pelo acelerômetro e o sinal mecânico aplicado à entrada (base) normalmente expresso em unidade de tensão por unidade de aceleração [mV/m.s⁻²] ou carga por unidade de aceleração [pC/m.s⁻²].

SIGLAS E ABREVIACÕES

<i>ACGIH</i>	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferência Americana de Higienistas Governamentais Industriais).
<i>AV</i>	Anti-vibração
<i>EPI</i>	Equipamento de Proteção Individual
<i>FAO</i>	Food and Agriculture Organization
<i>FMV</i>	Ferramenta Manual Vibratória
<i>HAVS</i>	Hand-Arm Vibration Syndrome (síndrome da vibração em mãos e braços)
<i>PCMSO</i>	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
<i>MTb</i>	Ministério do Trabalho
<i>PPPA</i>	Programa de Prevenção de Perdas Auditivas
<i>r.m.s</i>	Root mean square (raiz média quadrática)
<i>TOT</i>	Total Operating Time (tempo total de operação)
$\overline{TR}_H$	Transmissibilidade segundo ponderação (H)
$\overline{TR}_M$	Transmissibilidade segundo ponderação (M)
<i>Vazio</i>	marcha em vazio (motosserra acionada operando com a corrente parada)
<i>VWF</i>	Vibration White Finger (dedos brancos induzidos pela vibração)

TRABALHOS RELACIONADOS À DISSERTAÇÃO

CUNHA, I.A.; YAMASHITA, R. Y.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO. Utilização dos níveis de vibração e ruído na comparação e seleção de motosserras e suas implicações na exposição ocupacional dos operadores In: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Campina Grande/Pb, julho, 1997.

CUNHA, I.A.; YAMASHITA, R. Y.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; MACIEL, S. Avaliação de ruído e vibração em motosserra: resultados parciais. In: Bragantia, Campinas/SP, 57(1): 193-196, 1998.

CUNHA, I.A.; YAMASHITA, R. Y.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO. Utilização dos níveis de vibração e ruído na comparação e seleção de motosserras e suas implicações na exposição ocupacional dos operadores. In: XV Congresso Mundial sobre Segurança e Saúde no Trabalho, São Paulo/SP, abril, 1999.

CUNHA, I.A.; YAMASHITA, R. Y.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO. Determinação dos níveis de vibração e ruído gerados em motosserras mediante procedimentos de ensaio normalizados - Relatório técnico – FUNDACENTRO/ MTb, junho, 1999, 56p.

RESUMO

Neste trabalho discute-se a utilização dos níveis de vibração e ruído gerados pelas motosserras na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração, tendo-se como referência dados de ensaio do equipamento e níveis de vibração medidos em condições reais de exposição. A análise considera os diversos aspectos envolvidos na avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços. São apresentadas as dificuldades operacionais encontradas na aplicação dos procedimentos de ensaio do equipamento segundo os métodos estabelecidos por normas internacionais para determinação da vibração e ruído gerados pelas motosserras.

A primeira parte desta dissertação busca identificar os efeitos da exposição humana à vibração em mãos e braços, a evolução das motosserras em termos da vibração produzida e os fatores que afetam a sua variabilidade. As principais normas de avaliação são consideradas, bem como recomendações e critérios relativos a limites para vibração. Discute-se ainda, aspectos relacionados à prevenção e controle do risco, identificando e analisando determinado método, o qual utiliza o histórico de exposição ao ruído como ferramenta para quantificação da duração da exposição de operadores de motosserras à vibração.

O trabalho conclui que, dentro de determinados limites, os níveis de vibração e ruído fornecidos nos manuais de instrução das motosserras, além de úteis na comparação e seleção de equipamentos, podem fornecer subsídios para estimativa e controle da exposição ocupacional dos operadores à vibração. Propõe que numa próxima revisão da Norma Regulamentadora NR-12 do Ministério do Trabalho (MTb), sejam estabelecidas negociações com fabricantes e/ou

representantes que comercializam outros tipos de ferramentas manuais motorizadas, no intuito de que forneçam os níveis de vibração e ruído gerados pelos seus equipamentos nos respectivos manuais de instrução. Recomenda a inclusão, na Norma Regulamentadora NR-9, de um nível de ação para vibração em mãos e braços. Medidas de caráter geral e de âmbito multidisciplinar, baseadas na literatura abordada, são sugeridas para estruturação e desenvolvimento de Programas de Prevenção da Síndrome da Vibração em mãos e braços.

ABSTRACT

In this work it is discussed the use of noise and vibration produced by chain saws in the operator's occupational exposure to vibration, based on data collected from chain saws according to standard tests and data based on actual exposure conditions. The assessment considers several aspects related to occupational exposure to hand-arm vibration. Methods established by International Standards were applied in chain saw tests and the operational difficulties are presented.

The first part of this dissertation reports the effects of hand-arm vibration and chain saw evolution in terms of vibration produced and aspects related to its variability. The main standards for evaluating vibration, recommendations and limits are considered. Preventive actions for hand-transmitted vibration are taken in account and it is discussed one study that applies noise exposure histories to quantify duration of vibration exposure in tree fallers.

This work concludes that within certain limits noise and vibration levels provided by chain saw manufacturers, besides useful in the comparison and selection of equipments, can subsidize the estimative and preventive measures related to occupational exposure of chain-saw operators. Revision of Ministry of Labor act NR-12 is proposed in order to establish that manufacturers of others types of manual power tools include noise and vibration levels produced by its equipments within their respective instruction manuals. It is also recommended the inclusion of an action level in Brazilian act NR-9 for hand-arm vibration. General preventative measures are suggested for programs to prevent hand-arm vibration syndrome considering multidisciplinary aspects and based on the references that were taken into account.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século, as ferramentas manuais motorizadas utilizadas nas diversas atividades produtivas vêm passando por um constante processo de evolução. O presente “estado da arte” possibilita a fabricação de equipamentos com recursos tecnológicos que permitem redução dos níveis de vibração e ruído, além de incorporar em alguns casos, dispositivos específicos voltados à segurança do operador. No entanto, dentro do nosso país, ainda são fabricados e comercializados equipamentos obsoletos tecnologicamente em relação a esses aspectos. Em outros países tais equipamentos não são mais comercializados, seja por exigência do mercado consumidor, seja por motivos legais, econômicos ou outros.

A vibração transmitida às mãos e braços decorrente do uso indiscriminado de ferramentas manuais motorizadas, associada à falta de controle do risco, pode provocar uma série de distúrbios nos seus usuários. As patologias relacionadas às vibrações em mãos e braços encontram-se bem estabelecidas na literatura médica. Existem evidências de investigações clínicas, epidemiológicas e fisiológicas, as quais comprovam que o uso prolongado de ferramentas manuais vibratórias (FMVs) pode provocar alterações de ordem vascular, neurológica, osteoarticular e muscular, podendo resultar em sérios prejuízos ao trabalhador pela redução da capacidade laborativa, interferência com atividades sociais e qualidade de vida. Por outro lado, muitas empresas vêm sendo responsabilizadas judicialmente nas esferas criminais e civis pela ocorrência de graves acidentes e doenças ocupacionais.

A Organização Internacional para Normalização disponibilizou a partir de 1988 um conjunto de normas da série ISO 8662 visando especificar métodos para medição da vibração

produzida por diversos tipos de ferramentas manuais motorizadas portáteis. Segundo a norma ISO 8662-1 (1988) que trata dos requisitos gerais para medição da vibração nas manoplas das ferramentas: “...esses tipos de teste permitem estabelecer valores típicos, possibilitando a comparação entre o mesmo tipo ou diferentes tipos de ferramentas ...” “ ... na medida do possível as condições de operação das ferramentas representarão uma típica situação de trabalho”. Os valores obtidos por meio dos ensaios padronizados devem integrar as especificações técnicas desses equipamentos, sendo importante parâmetro de comparação e seleção entre os diversos tipos e modelos de ferramentas disponíveis no mercado, sejam elas de características similares ou não.

WASSERMAN (1987) citou a estimativa de um milhão de trabalhadores expostos à vibração em mãos e braços nos Estados Unidos. MIRBOD *et al.* (1992a) citaram dados de outros trabalhos que estimavam que cerca de 1,3 milhões de trabalhadores no Japão e de 2 a 4% de todos os trabalhadores europeus estariam expostos à vibração localizada. BRERETON (1998) mencionou que no Reino Unido em torno de 4 milhões de pessoas utilizam equipamentos vibratórios, sendo que um milhão estariam expostos a valores que excedem o nível de ação. Segundo CARNICELLI (1994), “ ... no Brasil, são escassas, para não dizer inexistentes, as informações sobre a incidência, tempo de latência e a influência de outras variáveis na aquisição do distúrbio vascular e também neurológico decorrentes da exposição ocupacional a equipamentos vibratórios”. Os estudos sobre os efeitos da exposição ocupacional às vibrações transmitidas às mãos são na sua maioria provenientes da Europa e Japão, abrangendo principalmente as atividades ligadas à indústria madeireira, de mineração e metalúrgica.

Segundo TESCHKE *et al.* (1990) a documentação da exposição diária à vibração em mãos e braços e sua variabilidade é importante, na medida em que diferenças na duração da exposição diária média podem ser indicativos de diferenças na prevalência e severidade dos sintomas dos distúrbios causados pela vibração. Estudos realizados em campo, mostraram que alguns operadores de motosserra que trabalhavam em condições similares apresentaram variações nos tempos totais de exposição diária à vibração de 1,5h a 4,5h.

Nas atividades florestais diferentes máquinas, tais como cortadoras de arbustos, motosserras e máquinas mais complexas destinadas ao processamento de árvores, podem produzir níveis perigosos de vibração e ruído. Dentre os trabalhadores florestais, os motosserristas apresentam o maior risco de desenvolvimento da síndrome da vibração, segundo MIRBOD *et al.* (1992b).

A motosserra é um equipamento largamente utilizado nas operações de corte e processamento de árvores dentro da exploração florestal, em atividades rurais e outros serviços. A sua utilização pode ocasionar graves acidentes e doenças ocupacionais em decorrência de procedimentos e posturas de trabalho, das características e condições do equipamento utilizado, do tempo de exposição diário, do desconhecimento dos riscos pelos usuários e ausência de medidas de proteção, dentre outros fatores. Tendo em vista estes aspectos, o Ministério do Trabalho, por meio da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, publicou as Portarias n.º 13 e 14 em 24/10/94, que regulamentam a fabricação, importação, venda, locação, aspectos quanto à segurança das motosserras e as penalidades para o descumprimento das disciplinas normativas. A Portaria 13, particularmente, estabelece no seu item 4 que *“os fabricantes e importadores de motosserra instalados no país introduzirão nos catálogos e manuais de instrução de todos os modelos de motosserras, os seus níveis de ruído e vibração e a metodologia utilizada para a referida aferição”*.

Por ocasião da elaboração dessa portaria, observou-se que nem todos os fabricantes dispunham dos níveis de ruído e vibração gerados pelos seus equipamentos para inclusão desses dados nos respectivos catálogos e manuais de instrução. Considerou-se a necessidade de estudos e aplicação dos métodos de ensaio (CUNHA *et al.*, 1998). Os níveis de vibração e ruído, quando disponibilizados nos catálogos pelos importadores ou fabricantes de motosserra, são na sua maioria provenientes de ensaios realizados no exterior.

Segundo o Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH, 1989) dos Estados Unidos da América, os níveis de vibração produzidos pelas ferramentas vibratórias são necessários para os projetos de ferramentas e estratégias de trabalho que auxiliarão no controle e prevenção das doenças nos seus possíveis estágios iniciais. Conhecendo-se as características das

ferramentas, os efeitos e problemas gerados pela sua utilização, podem ser adotadas medidas de caráter preventivo.

O monitoramento dos níveis gerados pelo equipamento ao longo da sua vida útil e a comparação desses níveis com os dados de ensaio dão indicativos da necessidade de substituição de componentes anti-vibratórios, das condições de manutenção do mesmo e da exposição do operador.

Os diversos aspectos que envolvem a avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços citados nos parágrafos anteriores são explorados no presente trabalho.

2 OBJETIVOS

Os objetivos pretendidos no presente trabalho têm como enfoque principal o caráter ocupacional, ou seja, a preocupação final voltada à preservação da saúde e segurança do operador.

2.1 Objetivo geral

Discutir a utilização dos níveis de vibração e ruído gerados pelas motosserras na avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços, tendo por base dados de ensaio do equipamento e as informações obtidas em condições reais de exposição.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar as dificuldades operacionais na aplicação dos métodos de ensaio, apresentados pelas normas internacionais para determinação dos níveis de vibração e ruído gerados por motosserras.

Discutir a utilização de procedimentos ou métodos para quantificação da duração da exposição à vibração.

Analisar e propor recomendações e medidas gerais possíveis de serem aplicadas na prevenção e controle do risco.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Os efeitos da exposição à vibração em mãos e braços e a evolução das motosserras

Para descrever a patologia decorrente da exposição a equipamentos manuais vibratórios foram utilizados diversos nomes dentro da literatura médica. A doença vascular periférica que se caracteriza pelo embranquecimento dos dedos ou das mãos, via de regra provocada pelo frio, é tratada pelos termos:

- Mão morta (*Dead Hand*)
- Dedos mortos (*Dead Fingers*)
- Doença vasoespástica traumática (*Traumatic Vasospastic Disease*)
- Dedo branco induzido pela vibração (*Vibration-induced White Finger - VWF*)
- Doença de Raynaud de origem ocupacional (*Raynaud's Disease of Occupational Origin - RDOO*)
- Fenômeno de Raynaud de origem ocupacional - (*Raynaud's Phenomenon of Occupational Origin*)

Para descrever os distúrbios neurológicos, musculares, em ossos e articulações, vasculares e outros (ex.: sistema nervoso central) são utilizados os termos :

- Síndrome da vibração (*Vibration Syndrome*)
- Síndrome da vibração em mãos e braços (*Hand-Arm Vibration Syndrome - HAVS*)

Com o advento das motosserras a gasolina a partir da década de 50, houve aumento nos casos de dedos brancos induzidos pela vibração (*VWF*) em razão dos efeitos resultantes de prolongadas exposições. Em alguns países, o uso em larga escala de motosserras mais leves nas atividades florestais teve início em torno de 1960. O caso de *VWF* em motosserristas apresentado por GROUNDS (1964) foi o primeiro a ter boa publicidade. A partir de então, se desenvolveram dezenas de trabalhos que se encontram disponíveis na literatura científica mundial. GRIFFIN (1980) cita o aumento da exposição à vibração no período de 1960 a 1970 resultando na ocorrência de problemas com operadores em vários países. A partir de 1970, passou-se a utilizar amplamente em muitas florestas, motosserras com sistema anti-vibração (*AV*), geralmente constituído de material resiliente, montado entre o bloco do motor e o conjunto que contém as empunhaduras traseira e dianteira. Apesar da introdução dos sistemas anti-vibração, os níveis de vibração produzidos não são suficientemente baixos para prevenir danos às mãos quando o equipamento é utilizado durante toda a jornada de trabalho (período longo de exposição).

No apêndice 1 estão listados cerca de 99 estudos sobre a incidência de *VWF* entre os operadores de motosserra cobrindo o período de 1961 a 1990.

Além da incidência de danos vasculares, diversos estudos trazem exemplos de distúrbios em articulações, ossos, músculos, nervos, outras anormalidades sensoriais, sintomas subjetivos e observações clínicas associadas ao uso de motosserras. Nos apêndices 2, 3 e 4 estão listados estudos correspondentes ao período de 1969 a 1988. Muitos trabalhos são provenientes do Japão, Finlândia e Suécia em razão da substancial exploração florestal ocorrida com a utilização das motosserras.

Em geral as motosserras utilizadas antes de 1970 geravam vibrações cujo valor eficaz (*r.m.s*) das acelerações variavam entre 10 e 20 m/s²; após 1970 esses valores reduziram para a faixa de 2 a 6 m/s². As exposições considerando esses valores reduzidos seriam permitidas praticamente durante toda a jornada diária de trabalho se analisadas com base na ISO 5349 (1986), PYYKKÖ, PEKKARINEN & STARCK (1987).

A ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS através de matéria publicada pela FAO (Food and Agriculture Organization – Rome, 1992), relata que com a introdução de motosserras providas de sistemas anti-vibratórios no mercado, houve significativa melhora na condição de exposição dos trabalhadores. Não obstante, nenhuma motosserra disponível em 1987, com sistemas anti-vibratórios, pode ser classificada como “segura” em relação ao desenvolvimento dos dedos brancos induzidos pela vibração (VWF). Desse modo, e por ser a natureza da doença de longo prazo, a vibração transmitida às mãos e braços continuará sendo problemática, por muito tempo, para alguns operadores de motosserra.

Durante estudo realizado na Finlândia por KOSKIMIES *et al.* (1992) entre 1972 a 1990, verificou-se um decréscimo gradual na incidência da síndrome da vibração de 40% para 5% entre trabalhadores profissionais florestais e redução da aceleração ponderada das motosserras de 14 m/s² para 2 m/s². A prevalência de adormecimento nas mãos reduziu de 78% para 28% , com ocorrência principalmente à noite. Numa parte do período do estudo citado (1975-1990) as queixas relativas a fraqueza muscular nas mãos se reduziram de 19% para 9%. As desordens relativas ao sistema ósseo-muscular foram consideradas mais incapacitantes do que a VWF. As principais razões apontadas como responsáveis pelo decréscimo dos sintomas induzidos pela vibração foram: a redução dos níveis de vibração e do peso das motosserras. A figura 1 apresenta o espectro da vibração característico de três gerações de motosserras.

HUTTON, PARIS & BRUBAKER (1993) ao analisarem as características das motosserras e sua influência na VWF verificaram que o parâmetro dominante na determinação do nível ponderado da vibração correspondia à aceleração na frequência de rotação do motor. A introdução de coberturas (“*Sorbothane e Viscolas*”) nas empunhaduras dianteiras dos

equipamentos não conduzia a reduções efetivas do nível de vibração na frequência de rotação do motor. Também observaram que, segundo os próprios operadores das motosserras, a afiação da corrente e a força de preensão aplicada às empunhaduras são fatores considerados significantes no desenvolvimento da *VWF*.

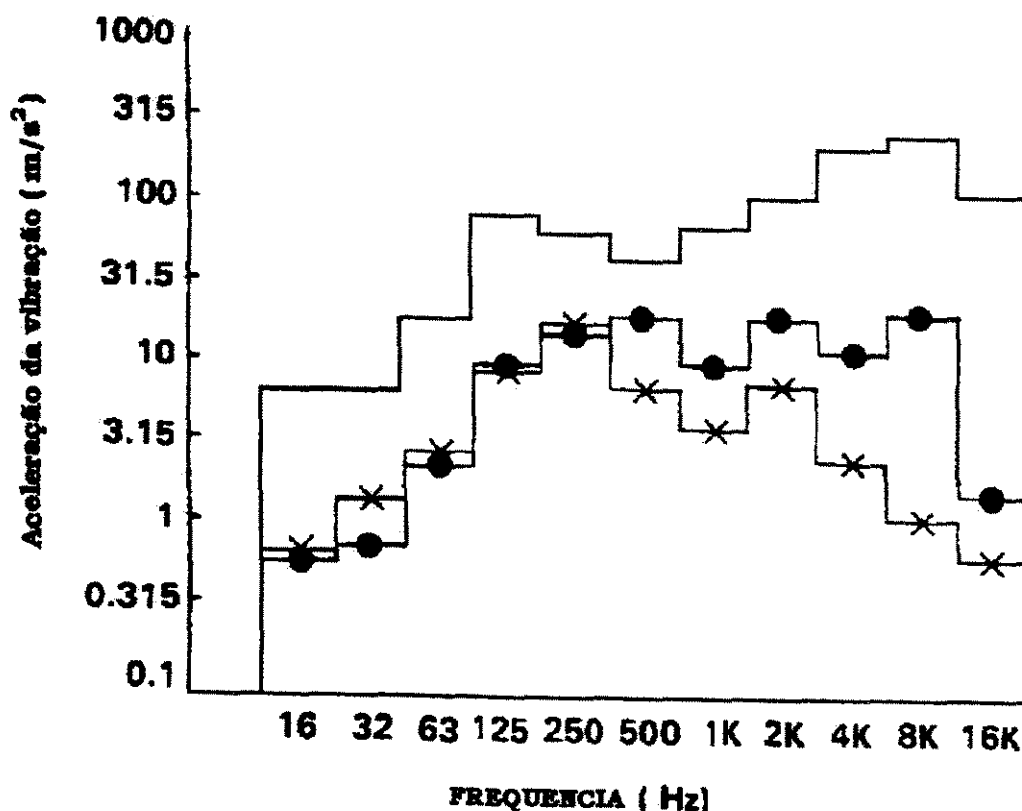


Figura 1 - Níveis de vibração de três diferentes gerações de motosserras, em bandas de oitava, provenientes da empunhadura frontal na direção relativa ao terceiro metacarpo do operador.

— motosserra fabricada em 1958; —●— motosserra fabricada em 1972;
—x— motosserra fabricada em 1978.

[FONTE: KOSKIMIES *et al.*,1992]

BOVENZI *et al.* (1995) diagnosticaram uma prevalência de *VWF* de 13,4% em operadores que manipulavam somente motosserras com sistema anti-vibração (AV). Outros

investigadores chegaram a resultados similares: MIRBOD *et al.* (1994) verificaram prevalências de 9,6% em trabalhadores expostos a acelerações entre $2,7 \text{ m/s}^2$ a $5,1 \text{ m/s}^2$, RIDDLE & TAYLOR (1982) encontraram 17%. BRUBAKER *et al.* (1987) no Canadá, registraram um aumento de 28 % na incidência da *VWF* em um grupo de trabalhadores florestais que utilizavam somente motosserras (AV) de grande porte durante um intervalo de tempo de cinco anos, submetidos a acelerações ponderadas na faixa de $4,0$ a 12 m/s^2 . Considerando as informações encontradas, BOVENZI *et al.* (1995), sugeriram a manutenção de uma vigilância à saúde dos operadores que manipulam motosserras modernas, com monitoramento periódico para detectar as manifestações iniciais da doença, uma vez que o risco de desenvolvimento da *VWF* continua presente no trabalho florestal.

Alguns estudos epidemiológicos sobre os efeitos combinados entre a vibração e outros agentes, verificaram que trabalhadores com incidência de dedos brancos apresentavam alterações permanentes no limiar auditivo, 10 dB maiores em relação a trabalhadores sem *VWF*. PEKKARIKEN (1995) cita que um mecanismo comum que induz vasoconstrição nos vasos cocleares e em vasos periféricos nas mãos, tem sido sugerido como responsável pelas alterações permanentes no limiar auditivo e sintomas da *VWF*. Segundo IKI (1994), considerando-se os vários estudos na audição de trabalhadores florestais, ficou demonstrado que a *VWF* é um dos fatores de risco na perda auditiva induzida pelo ruído, bem como existe a possibilidade de relação com desordens no controle do balanço do corpo. No entanto, para estabelecer a *VWF* como um fator de risco em relação a estabilidade postural, seriam necessários estudos adicionais em larga escala.

De acordo com o relatório publicado pela FACULTY OF OCCUPATIONAL MEDICINE OF THE ROYAL COLLEGE OF PHYSICIANS (1993), na análise dos efeitos da vibração transmitida às mãos deve ser dada suficiente atenção no exame do sistema vascular, sistema nervoso periférico, sistema muscular e ósseo, por meio da aplicação de testes objetivos para identificar a existência e severidade de determinada condição, requerendo perspicácia clínica na sua interpretação. Nenhum teste simples é considerado apropriado para análise da síndrome da vibração em mãos e braços (*HAVS*). Alguns testes podem ser executados convenientemente no

próprio local de trabalho, como parte de uma rotina de acompanhamento médico dos trabalhadores expostos (vigilância). Testes mais sofisticados podem ser aplicados no esclarecimento de diagnósticos para fins de pesquisa ou questões médico legais. Estes testes requerem condições controladas e especialistas no seu desenvolvimento e interpretação. No apêndice 5 estão listados alguns dos principais métodos de teste, seus objetivos e uma descrição sucinta.

3.2 Normas voltadas a avaliação da exposição humana à vibração em mãos e braços

A norma ISO 5349 (1986) intitulada “Guia para medição e análise da exposição humana à vibração transmitidas às mãos” fornece procedimentos gerais para avaliação dos níveis de vibração periódica ou aleatória em mãos e braços. Não especifica limites seguros em termos da aceleração e exposição diária, nem os riscos de danos à saúde para as diferentes operações e ferramentas existentes. Os principais aspectos considerados na norma estão relacionados a seguir. As expressões e equações citadas mantiveram as mesmas notações da norma.

a) método de medição:

- consiste na medição da aceleração em bandas de terças de oitava ou da aceleração ponderada em frequência equivalente em energia, transmitida às mãos na direção dos três eixos ortogonais definidos pela norma. As frequências consideradas nas medições devem abranger pelo menos a faixa de 5 a 1500 Hz, a fim de cobrir as bandas de terças de oitava com frequências centrais de 8 a 1000 Hz. O filtro de ponderação em frequência para medição da vibração em mãos e braços requer uma atenuação igual a zero até 16 Hz, a partir dessa frequência a atenuação passa a ser de 6dB por oitava. O anexo 1 apresenta as características do filtro de ponderação para medição da vibração em mãos e braços.

- o acelerômetro deve ser montado no ponto (ou próximo) onde a energia é transmitida às mãos. Se a mão está em contato com a superfície vibrante o transdutor pode ser montado diretamente nessa estrutura, se existir material resiliente entre a mão e a estrutura é permitida a utilização de uma adaptação para montagem do transdutor. Cuidados devem ser tomados para evitar influências significativas na vibração medida.
- a vibração deve ser medida nos três eixos ortogonais. Qualquer análise efetuada deve ter por base o maior valor obtido em relação a esses eixos.
- a magnitude da vibração deve ser expressa pela aceleração eficaz (*r.m.s*) ou em dB ($a_{ref} = 10^{-6} \text{ m/s}^2$)
- para sinais contendo altos picos de aceleração, precauções devem ser tomadas para evitar erros devido a sobrecargas em partes do sistema de medição. Deve-se utilizar transdutores pequenos e leves com sensibilidade transversal pelo menos 20 dB abaixo do eixo principal de medição. Para reduzir a interferência causada por sinais com altos picos de aceleração pode ser necessário o uso de filtro mecânico.
- normas adicionais devem ser consultadas para medição da vibração em ferramentas e processos específicos.
- o registro da exposição à vibração deve considerar as pressões de prensão e forças estáticas usualmente empregadas na aplicação da ferramenta e no acoplamento da mão com o equipamento.
- para subsidiar as estimativas do tempo total de exposição diária devem ser tomadas amostras representativas das diversas condições de operação, suas durações e intermitências. As condições e tempos de exposição devem ser registrados, bem como as posturas das mãos e braços, ou ângulos do pulso, cotovelos e ombros relacionados aos procedimentos de operação ou condições individuais.

b) caracterização da exposição à vibração

- a análise da exposição à vibração está baseada na exposição diária. Para facilitar as comparações entre diferentes durações de exposição, a exposição diária é expressa em termos da aceleração ponderada em frequência equivalente em energia para um período de 4 horas. Se a exposição diária total à vibração for diferente de 4 h, deve ser determinada a aceleração equivalente em energia correspondente a um período de 4 h, conforme equação que segue:

$$(a_{h,w})_{eq(4)} = \left\{ \frac{1}{T_4} \int_0^{\tau} [a_{h,w}(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \quad (3.1)$$

Onde:

$(a_{h,w})_{eq(4)}$ é a aceleração equivalente em energia para um período de 4 horas.

$a_{h,w}(t)$ corresponde ao valor instantâneo da aceleração ponderada.

τ = duração total da jornada diária em horas.

$T_4 = 4$ horas.

Para conversão da aceleração equivalente medida em períodos diferentes de 4 horas na aceleração equivalente em energia (4h) pode ser utilizada a seguinte equação:

$$(a_{h,w})_{eq(4)} = \left(\frac{T}{T_4} \right)^{1/2} (a_{h,w})_{eq(T)} \quad (3.2)$$

Onde:

$(a_{h,w})_{eq(T)}$ é a aceleração equivalente em energia ponderada correspondente ao período de T horas.

Se a exposição diária total for composta por diversas exposições parciais em razão da atividade/operação executada, a aceleração total pode ser obtida pela expressão:

$$(a_{h,w})_{eq(T)} = \left\{ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n [(a_{h,w})_{eq(t_i)}]^2 t_i \right\}^{1/2} \quad (3.3)$$

Onde:

$(a_{h,w})_{eq(t_i)}$ é aceleração equivalente ponderada correspondente à i ésima componente de duração t_i em horas. T é a duração total de todas as exposições

$$T = \sum_{i=1}^n t_i$$

- a norma, em seu anexo A, apresenta uma relação dose-resposta (figura 2) que possibilita calcular o período de exposição (na faixa de 1 a 25 anos) requerido antes da ocorrência de várias incidências (10 – 50%) de branqueamento dos dedos, decorrentes da exposição à vibração, correspondente a energia equivalente em 4 h para magnitudes na faixa de 2 a 50 m/s². O anexo B da norma contém recomendações preventivas de ordem médica, métodos de controle de engenharia, ações de caráter administrativo e treinamento do operador. Os anexos A e B não constituem partes oficiais da norma.
- a aceleração medida pode ser apresentada em termos da componente ponderada em frequência ou valores em faixas de oitava ou terças de oitava (altamente recomendada para fins de desenvolvimento e pesquisa) para cada componente.
- dados medidos em faixas de oitava ou terças de oitava podem ser convertidos em aceleração ponderada para fins de utilização da relação dose-resposta. O valor da aceleração ponderada pode ser calculado a partir da equação:

$$a_{h,w} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (K_j a_{h,j})^2} \quad (3.4)$$

onde:

K_j - é o fator de ponderação correspondente a j-ésima banda de oitava ou terça de oitava dada. Os valores de K_j são apresentados no anexo 2.

$a_{h,j}$ - é a aceleração medida na j-ésima banda de oitava ou terça de oitava

n - corresponde ao número de bandas que está sendo utilizado.

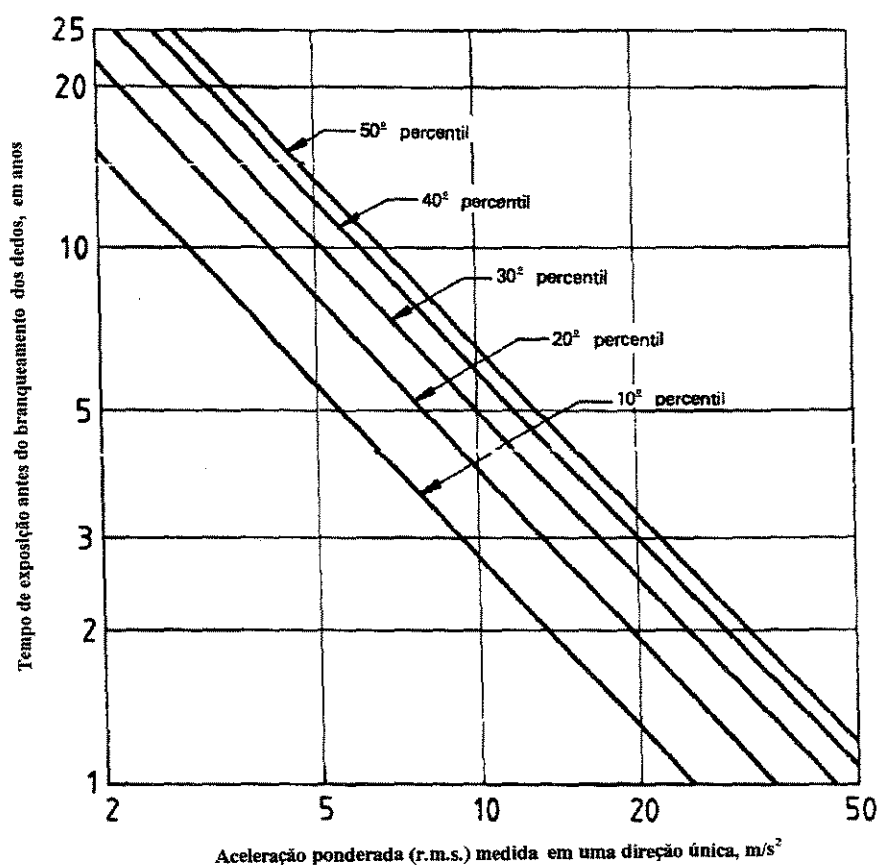


Figura 2 - Tempo de exposição para incidência de branqueamento nos dedos para diferentes percentis do grupo da população exposta a vibração nos três eixos de coordenadas

[FONTE: ISO 5349, 1986]

A relação dose-resposta pode ser aproximada pela relação:

$$T_E = \frac{9,5 \cdot C^{1/2}}{a_{h,w}(eq, 4h)} \quad (3.5)$$

Onde:

T_E = tempo de exposição em anos.

C = percentil de pessoas susceptíveis de serem afetadas.

A norma Britânica BS 6842 (1987) fornece um guia sobre os fatores que influenciam a severidade da vibração transmitida às mãos e descreve os procedimentos para quantificação da exposição. Apresenta um anexo (parte não integrante da norma), o qual delineia uma relação dose-resposta para vibração. Esclarece que o uso da dependência temporal da energia equivalente é conveniente e parece ser razoável, no entanto, pode permitir níveis elevados de vibração para curtos períodos de exposição. São também considerados os seguintes aspectos:

- a análise da vibração transmitida às mãos está baseada na exposição diária expressa pela aceleração eficaz (*r.m.s*) ponderada, equivalente em 8 horas ($a_{h,w}(eq(8))$);
- a ponderação em frequência provém principalmente de estudos subjetivos e biodinâmicos;
- o branqueamento dos dedos ocorre mais comumente em ferramentas que produzem vibrações na faixa de 20 a 400Hz.
- sugere que a severidade da vibração pode ser suficientemente caracterizada pela aceleração ponderada da vibração no eixo dominante;

- para uma utilização normal da ferramenta é provável que os sintomas vasculares não ocorram usualmente para magnitudes da aceleração (eficaz) ponderada em frequência inferiores a 1m/s^2 ;
- se a magnitude da vibração dobra, sugere-se que o período de exposição em anos antes do início dos primeiros ataques de branqueamento dos dedos seja reduzido a metade;

A tabela 1 apresenta as magnitudes da aceleração ponderada em frequência considerada capaz de produzir 10 % de prevalência de sintomas, em função dos tempos de exposição diário e tempo total de exposição em anos.

Tabela 1 - Magnitude da aceleração ponderada em frequência (*r.m.s*) em m/s^2 considerada capaz de produzir branqueamento nos dedos em 10% das pessoas expostas de acordo com a Norma BS 6842 (1987)

Exposição diária (h)	Exposição total (anos)					
	0,5	1	2	4	8*	16
0,25	256,0	128,0	64,0	32,0	16,0	8,0
0,5	179,2	89,6	44,8	22,4	11,2	5,6
1	128,0	64,0	32,0	16,0	8,0	4,0
2	89,6	44,8	22,4	11,2	5,6	2,8
4	64,0	32,0	16,0	8,0	4,0	2,0
8	44,8	22,4	11,2	5,6	2,8	1,4

*Os valores correspondem a um nível de ação baseado na energia equivalente ponderada em frequência para 8 horas de $2,8 \text{ m/s}^2$. No Reino Unido, um comitê governamental tem considerado como um código de prática definir como nível de ação esse valor.

[FONTE: GRIFFIN, 1996]

A norma ISO 8041 (1990) especifica a instrumentação para medição da vibração humana de corpo inteiro conforme método e faixa de frequência estabelecidos pela norma ISO 2631 (1985), e a instrumentação para medição da vibração em mãos e braços segundo a ponderação em frequência apresentada na figura 3, estabelecida pela norma ISO 5349 (1986). As características de ganho do filtro de ponderação estão representadas pela linha contínua e suas tolerâncias pelas linhas pontilhadas.

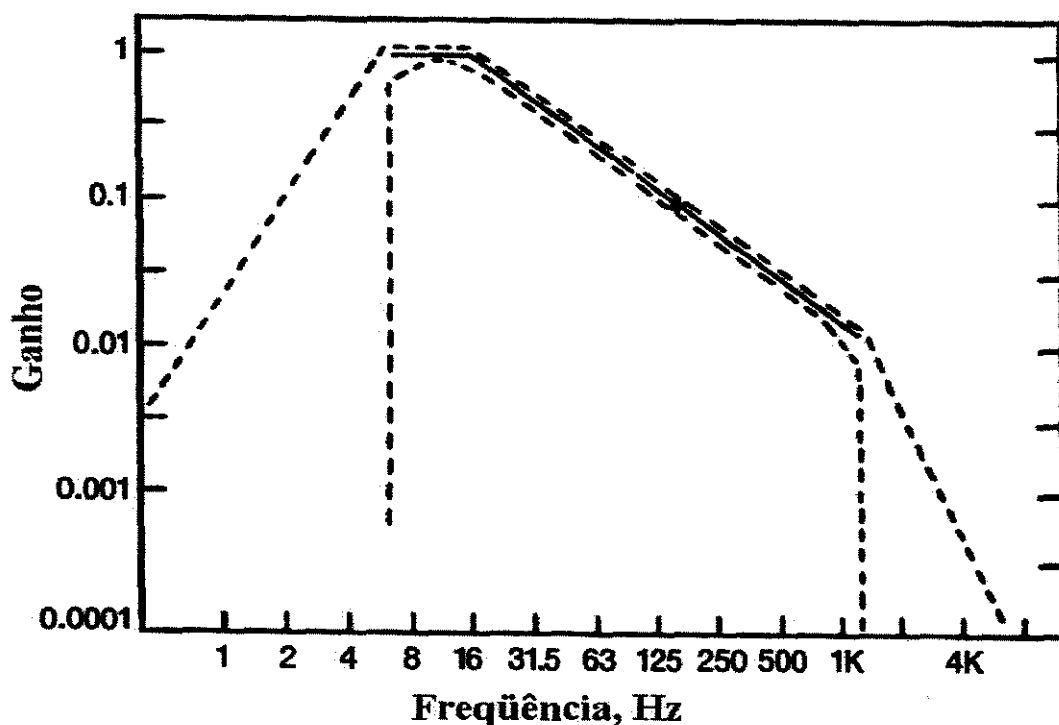


Figura 3 - Ponderação em freqüência para mãos e braços

[FONTE: ACGIH, 1999]

No trabalho desenvolvido por STARK & PEKKARINEN (1988) citado no critério da NIOSH (1989), foram feitas comparações entre trabalhadores que utilizavam diferentes tipos de ferramentas manuais vibratórias, observando-se os períodos de latência e prevalência da *HAVS* em relação àqueles previstos por meio da ISO 5349 (1986). Para os operadores de motosserra os valores preditos e aqueles observados estavam concordantes quando a aceleração era calculada de acordo com a ponderação em freqüência estabelecida pela norma. No entanto, para outros tipos de ferramentas que produziam freqüências mais altas e acelerações impulsivas, as comparações chegaram a resultados menos consistentes.

A NIOSH (1989), baseando-se em trabalhos realizados por diversos pesquisadores: MIWA (1967, 1968a, 1968b), HYVARINEN *et al.*(1973), BRAMMER (1982a,1982b), ENGSTROM & DANDANELL (1986), DANDANELL & ENGSTROM (1986),

NOHARA *et al.* (1986), STARK & PEKKARINEN (1988) propuseram o uso da aceleração não ponderada em frequência, em razão de que os efeitos fisiopatológicos da exposição à vibração são proporcionais à aceleração e independentes da frequência para todas as faixas. O conceito da aceleração ponderada em frequência (assumida pela ISO 5349) considera que os efeitos danosos da vibração em faixas de terças de oitava são independentes para frequências entre 6,3 e 16Hz mas reduzem progressivamente com a elevação da frequência entre 16 e 1500Hz.

A relação dose-resposta da norma ISO 5349 (1986) parece superestimar o risco à saúde por um fator de pelo menos quatro, em se tratando de trabalhadores da área de mineração. A ponderação em frequência estabelecida na ISO 5349 (1986) está presente em outras normas ISO, na norma Britânica BS 6842 (1987), na norma americana ANSI S3.34 (1986) e no critério que embasa os limites de exposição propostos pela Conferência Americana de Higienistas Governamentais Industriais (ACGIH, 1999). Caso haja continuidade no uso dessa ponderação em frequência, pode ser necessário introduzir diferenciações entre as diversas categorias de equipamentos que são utilizados nas mais variadas atividades de trabalho, PELMEAR *et al.* (1989).

BOVENZI *et al.* (1995) ao analisarem a exposição à vibração de determinada população de trabalhadores florestais verificaram que a estimativa de risco para a *VWF* era inferior àquela predita pela ISO 5349 (1986), o que sugeriria uma revisão das estimativas propostas pela norma.

A ISO 5349 (1986), correntemente considerada na avaliação da vibração transmitida às mãos, baseia-se no método do eixo dominante. IKEDA *et al.* (1998) recalcularam os resultados de acelerações medidas em diversas ferramentas manuais vibratórias obtendo a aceleração resultante (*r.s.s.*), proposta pela ISO/CD 5349-1 (1996). Concluíram que este método era conveniente na medição da vibração transmitida às mãos no local de trabalho, quando a direção da vibração predominante variava em razão: da postura de trabalho, das mudanças no ângulo de 'pega' aplicados, da força de contato, da forma do objeto e outros. O presente método do eixo dominante (ISO 5349, 1986) pode subestimar a vibração nos casos em que essas variações ocorrem.

Vários trabalhos apresentados na Oitava Conferencia Internacional sobre Vibração em Mãos em Braços ocorrida na Suécia em junho de 1998, apontaram dúvidas e questionamentos em relação a ISO 5349, publicada em 1986: BURSTRÖM L., SÖRENSSON A. (1998); DE MEESTER M. *et al.* (1998); GEMME G. (1998); LINDELL H., LÖNNROTH I., OTTERTUN H. (1998); GERHARDSSON L. *et al.* (1998).

Segundo BOVENZI (1998), os problemas relacionados à adequação da curva de ponderação em frequência adotada pela ISO 5349 na análise dos efeitos vasculares tem gerado controvérsias na última década. Existem questionamentos quanto a confiabilidade dos dados de exposição e dados epidemiológicos originais utilizados na elaboração do modelo de predição dos tempos de latência. A relação dose-resposta apresentada pela norma é oriunda de investigações conduzidas no período de 1946 a 1978. A mesma encontra-se em revisão pelo grupo de trabalho do comitê técnico que trata da exposição humana à vibração e choques mecânicos (ISO/TC 108/SC 4/WG 3). Na revisão do anexo A da referida norma, a relação dose-resposta está restrita à prevalência de 10%. A probabilidade de desenvolvimento dos sintomas de branqueamento pelos trabalhadores expostos está modelada em função da energia equivalente em 8 horas da componente de aceleração resultante ponderada em frequência [$a_{hws(eq,8h)}$ em m/s^2] e da duração total da exposição média (Dy) em anos do grupo de trabalhadores.

A nova proposta de relação dose-resposta da ISO, conforme BOVENZI, é similar àquela derivada de resultados de estudos epidemiológicos recentes, que envolvem trabalhadores da área florestal, aos quais poder-se-ia aplicar a seguinte estimativa:

$$VWF(\%) = 0,345 \cdot (a_{hws(eq,8h)})^{1,05} \cdot (Dy)^{1,07} \quad (3.6)$$

Onde:

VWF (%) - é porcentagem de trabalhadores com incidência de dedos brancos

$a_{hws(eq,8h)}$ - é aceleração resultante ponderada em frequência em 8 horas em m/s^2

Dy - corresponde à duração total da exposição média em anos

No entanto, observa que a equação de regressão estimada está restrita a certas condições de exposição específicas (trabalhos com motosserras); sua extrapolação para outros grupos ocupacionais poderia não refletir os reais riscos quanto aos efeitos adversos à saúde, provenientes de outros tipos de exposição à vibração. Considera, ainda, a intensa necessidade de pesquisas em laboratório e estudos epidemiológicos para melhoria dos métodos de estimativa da severidade da exposição e estabelecimento de uma relação dose-resposta confiável.

A ISO 7505 (1986) especifica métodos gerais para a aquisição e processamento de dados relativos à vibração transmitida à mão, produzida por motosserras portáteis. Os métodos são válidos independentemente de como a motosserra é operada durante o teste, seja manualmente por um operador, ou mediante a utilização de um suporte para fixação do equipamento. Os procedimentos para aquisição dos dados de vibração são válidos para motosserras portáteis operadas manualmente. Em 1987, foi publicada a ISO 7916, destinada à medição da vibração transmitida às mãos por roçadeiras com motor a combustão, a qual apresenta aspectos similares à ISO 7505. Os principais requisitos considerados na ISO 7505 (1986) são abordados no item 4.1.1.

A partir de 1988, a Organização Internacional para Normalização disponibilizou um conjunto de normas da série ISO 8262, iniciando pela ISO 8262-1 (parte 1) que trata dos requisitos gerais para medição da vibração nas empunhaduras das ferramentas manuais motorizadas. As demais partes desta norma especificam os requisitos para medição da vibração para outros tipos de ferramenta.

A ISO 7182 (1984) especifica um método para medição do nível de pressão sonora na posição do operador, ponderado segundo o circuito de compensação A e em faixas de bandas de oitava, emitido por motosserras portáteis com motor a combustão e destinadas principalmente para uso em atividades florestais. As situações de operação durante os ensaios simulam as

condições normais de operação do equipamento nas atividades florestais. A norma estabelece os requisitos em termos das condições ambientais, do equipamento ensaiado, do corpo de prova e procedimentos de teste necessários para determinação dos níveis de pressão sonora nas situações de operação da motosserra em carga, marcha lenta e acelerado. Os principais requisitos dessa norma são abordados no item 4.1.2.

A Norma Americana ANSI B175.1 (1991) trata dos requisitos de segurança para motosserras, estabelece os níveis máximos de pressão sonora e vibração que podem ser emitidos pelos equipamentos e os procedimentos para determinação dos mesmos.

A Norma Européia EN 608 (1994) trata dos aspectos de segurança das motosserras e estabelece que os dados técnicos de cada modelo de equipamento devem estar disponíveis aos usuários. Dentre essas informações incluem-se os níveis de pressão sonora (obtidos junto à zona auditiva do operador de acordo com a norma Européia EN 27182 / 91, a qual é idêntica à ISO 7182) e o nível de vibração determinado segundo a norma ISO 7505.

A partir de 1995 a Norma Européia EN 608 passou a ser adotada como norma Britânica BS EN608: 1995.

A Organização Internacional para Normalização (1999) vem promovendo a revisão da norma ISO 5349: 1986 pelo comitê técnico TC 108 / SC4, que trata do tema “Exposição humana a choque e vibração mecânica”, grupo de trabalho 3 (WG 3) sob os seguintes títulos:

- ISO/DIS 5349-1 Vibração mecânica – Medição e avaliação da exposição humana à vibração transmitida às mãos – Parte 1: Guia geral.
- ISO/DIS 5349-2 Vibração mecânica – Medição e avaliação da exposição humana à vibração transmitida às mãos – Parte 2: Guia prático para medição no local de trabalho.

3.3 Variabilidade da vibração gerada pelas motosserras

BAILEY (1977) verificou larga divergência nos resultados da medição da vibração de uma mesma motosserra enviada a laboratórios de sete países (“round robin test”), os quais utilizaram instrumentação do mesmo tipo ou equivalente e aplicaram procedimentos de operação similares. As variações nos resultados indicaram que fatores tais como: rotação do motor, posição do equipamento em relação ao corpo de prova, forças de preensão aplicadas, diferenças entre operadores e instrumentação, podiam ter contribuído para a não uniformidade dos resultados, dentre outros parâmetros.

STARK *et al.* (1982) verificaram que para motosserras novas, com o aumento das horas de utilização, os níveis de vibração sofriam incrementos de até 10dB, ocorridos principalmente durante as primeiras 100 horas de uso. Os autores concluíram que os dados de aceleração obtidos a partir de novos equipamentos não conduzem a estimativas representativas das exposições que ocorrem durante a vida útil dos mesmos, sendo necessário, portanto, o monitoramento dos níveis de vibração ao longo da exposição do operador.

LOMBARD & HOLT (1982) observaram que medições de um mesmo modelo de equipamento, efetuadas por laboratórios diferentes, apresentavam variações de até 200% em determinadas bandas de oitava. Concluíram que a vibração medida em equipamentos novos pode não ser um bom indicador da exposição do operador devido às mudanças do nível de vibração atribuídas ao desempenho dos isoladores, velocidade de rotação, afiação da corrente, deterioração ocorrida com o tempo de uso e técnicas de trabalho aplicadas. Na discussão desse trabalho, BRAMMER apontou que, durante experimentos controlados em laboratório, variações somente na força de preensão aplicada pelo operador, independentemente de variações da instrumentação, rotação do motor, madeira cortada, força de corte ou postura, são capazes de produzir variações de até 300% em algumas bandas de oitava. Diferentes operadores empreenderão diferentes forças de preensão durante a operação de corte, BRAMMER (1977).

REYNOLDS & WILSON (1982) realizaram testes para medição da vibração utilizando um dispositivo mecânico desenvolvido por uma associação de fabricantes de motosserras (figuras 4 e 5). O protótipo foi projetado para acomodar todos os tipos e formas de motosserras e reduzir a variabilidade encontrada em testes, nos quais o equipamento é acionado pelos operadores. A utilização desse dispositivo possibilitou a manutenção de uma rotação do motor mais constante (± 200 rpm) se comparada à rotação obtida com o equipamento acionado manualmente (± 500 rpm). Segundo os autores a correlação total entre os níveis de vibração e espectros de frequência obtidos pelos dois processos de medição foi considerada boa.

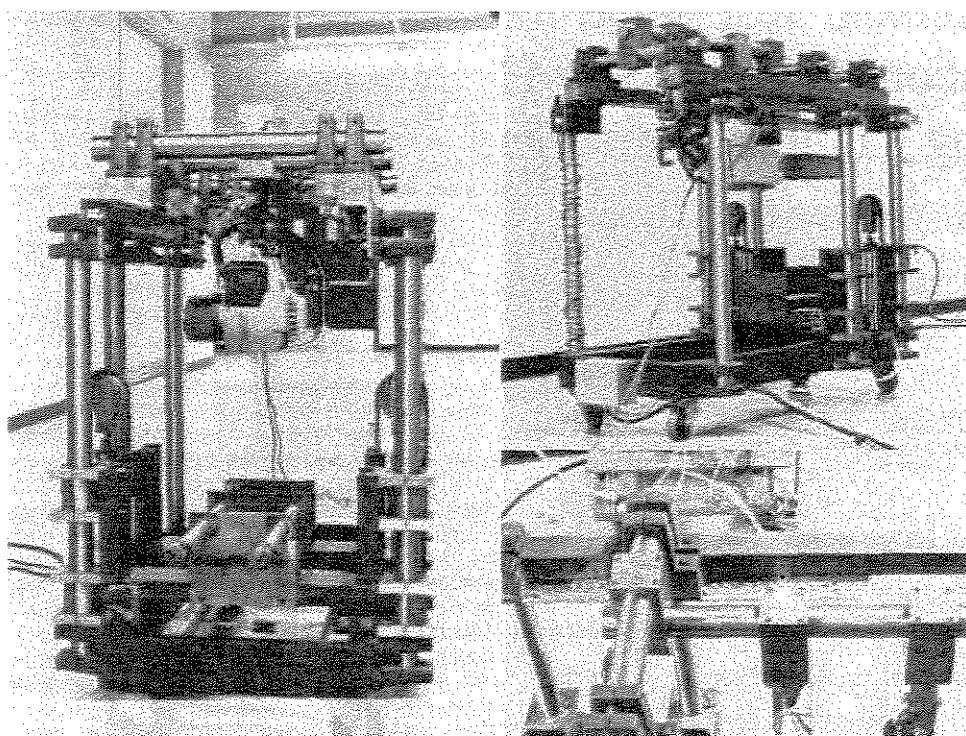


Figura 4 - Dispositivo para ensaio de motosserras

[FONTE: REYNOLDS & WILSON, 1982]

A ISO 7505 (1986) explicita que o sistema mão-braço exerce influência na vibração transmitida às mãos, diferentes mãos e forças de preensão exercem diferentes influências. Por conseguinte, foi planejado o desenvolvimento de um dispositivo padronizado para fixação das

motosserras durante as medições. Cita que tal protótipo encontra-se em desenvolvimento, no entanto, não há informação sobre esse dispositivo, uma vez que não houve atualização da norma.

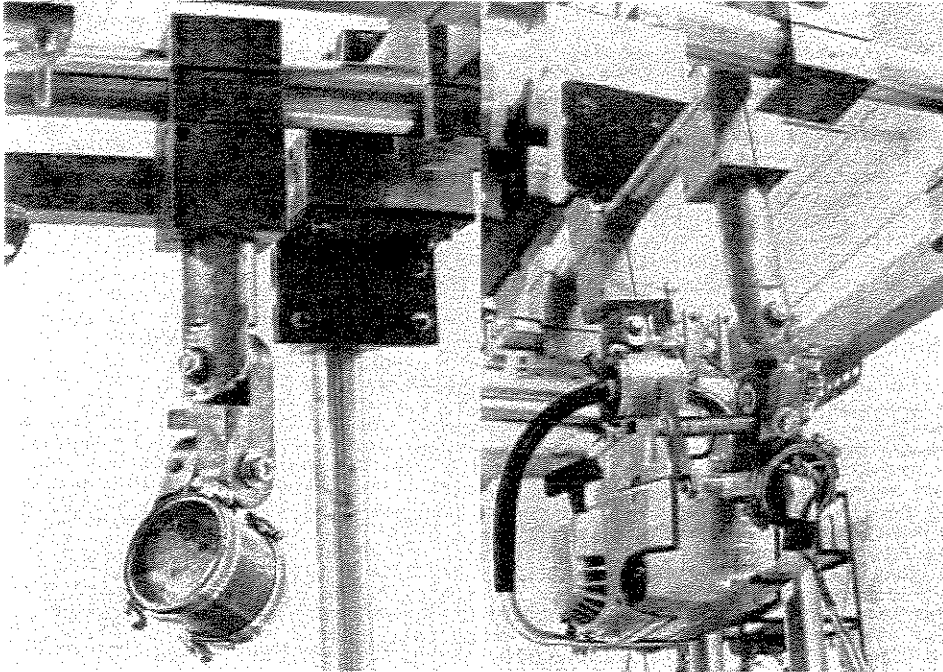


Figura 5 - Detalhe da fixação da motosserra no dispositivo de ensaio
[FONTE: REYNOLDS & WILSON, 1982]

SCHENK & GILLMEISTER (1998) verificaram que, mesmo os laboratórios certificados, com longa experiência e prática na medição da vibração em equipamentos manuais, não estão livres de cometerem erros de medição; as diferenças entre os dados medidos não são pequenas. Concluem que existe a necessidade de investigações adicionais quanto às incertezas nas medições da vibração em ferramentas manuais, tanto quanto à padronização de procedimentos de medição. Esforços devem ser empreendidos para que os processos de medição sejam realizados sem que haja necessidade da utilização de um operador e que seja reduzido o número de pessoas envolvidas, principalmente quando esses ensaios tem por objeto a declaração dos valores de emissão dessas ferramentas.

3.4 Recomendações e critérios relativos a limites para vibração

SAITO (1987) estudou os efeitos da limitação do tempo de uso de ferramentas na incidência da *HAVS* em 155 operadores de motosserra no período de 1978 a 1983. A cada ano os operadores eram examinados por médicos. Os resultados obtidos ao longo dos 6 anos de observação indicaram que a limitação do tempo de exposição poderia auxiliar na prevenção da *HAVS*. Foram sugeridas as seguintes limitações no uso das motosserras:

Duração máxima do ciclo de operação (min.)	10
Tempo total de operação por dia (horas)	2
Dias consecutivos de uso	2
Total de dias por semana.....	4
Horas de operação por ano.....	320
Limite máximo de idade.....	55

A Norma Americana ANSI B175.1 (1991) estabelece que a vibração gerada pelas motosserras, exceto aquelas destinadas ao uso ocasional, quando testadas segundo os procedimentos estabelecidos, não deve exceder para as empunhaduras frontais e traseiras o valor 15 m/s^2 , correspondente a aceleração (*r.m.s*) ponderada (somatória calculada a partir dos 3 eixos ortogonais). Também estabelece o valor de 108 dB(A) como nível de pressão sonora máximo junto à zona auditiva do operador e 84 dB(A) a uma distância de 15 metros do ponto de localização da motosserra.

Segundo MIRBOD, INABA & IWATA (1992a) a comparação entre dados fornecidos em literatura sobre as características da vibração de diferentes ferramentas, a ocorrência da *VWF* e as informações obtidas em seus estudos, sugerem que a exposição diária à vibração a níveis inferiores a $2,5 \text{ m/s}^2$ (ou nível de aceleração de 128 dB, para uma referencia de 10^{-6} m/s^2) poderia possivelmente reduzir o risco da *VWF* entre os trabalhadores expostos.

MIRBOD *et al.* (1992b) concluem que os operadores de motosserra mais idosos e aqueles com longa exposição deveriam ser removidos para outras atividades com baixo ou nenhum risco de exposição à vibração.

FERREIRA (1993) cita que segundo a Diretiva Européia de 1993 a predição do risco está baseada na aceleração ponderada equivalente relativa aos três eixos, determinada segundo a norma BS 6842 (1987) para um período de exposição de 8 horas. Os critérios introduzidos pela diretiva são:

- Valor limiar $a_{hw(eq,8h)} = 1 \text{ m/s}^2$
- Nível de ação $a_{hw(eq,8h)} = 2,5 \text{ m/s}^2$
- Valor teto $a_{hw(eq,8h)} = 5 \text{ m/s}^2$

A Norma Européia EN 608 (1994) que trata dos requisitos de segurança de motosserras, fornece os níveis de pressão sonora e valores de vibração considerados exeqüíveis com base no avanço tecnológico disponível. Esclarece que esses valores não devem constituir barreira à inovação. Serão revisados com a evolução do estado da arte. Esses dados são apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Níveis de pressão sonora exeqüíveis

Modo de operação		Capacidade (cm ³)		
		≤ 40	> 40 a 80	> 80
Vazio	dB(A)	85	85	85
Acelerado	dB(A)	102	105	----
Carga	dB(A)	100	103	105

[FONTE: Norma Européia EN 608, 1994]

Tabela 3 - Valores de vibração exeqüíveis

Modo de operação	Valores de vibração (m/s ²)			
	Capacidade			
	≤ 80 (cm ³)		> 80 (cm ³)	
	Empunhadura frontal	Empunhadura traseira	Empunhadura frontal	Empunhadura traseira
Vazio	12,5	----	15,0	----
Acelerado	12,5	12,5	15,0	15,0
Carga	12,5	12,5	15,0	15,0

[FONTE: Norma Européia EN 608, 1994]

Segundo a norma EN 608 os níveis de pressão sonora medidos conforme ensaios normalizados devem ser apresentados considerando-se duas situações:

a) equipamentos com capacidade de até 80 cm³

$$L_{peq} = 10 \log \frac{1}{3} \left(10^{0,1 \times L_{p,v}} + 10^{0,1 \times L_{p,c}} + 10^{0,1 \times L_{p,a}} \right), \quad dB(A) \quad (3.8)$$

b) equipamentos com capacidade superior a 80 cm³

$$L_{peq} = 10 \log \frac{1}{2} \left(10^{0,1 \times L_{p,v}} + 10^{0,1 \times L_{p,c}} \right), \quad dB(A) \quad (3.9)$$

onde :

$L_{p\ eq}$ = nível de pressão sonora equivalente a ser disponibilizado nas especificações técnicas da motosserra.

$L_{p,v}$, $L_{p,c}$, $L_{p,a}$ correspondem aos níveis de pressão sonora ponderados segundo a curva de ponderação (A) com o equipamento operando nas condições em vazio (marcha lenta), carga e acelerado, respectivamente.

Para apresentação dos níveis de potência sonora (segundo EN 608), valem os mesmos modos de operação e nomenclaturas descritas anteriormente no caso da pressão sonora, substituindo-se apenas o índice subscrito “p” das equações por “w”.

BOVENZI *et al.* (1995), verificaram que os dados encontrados nas suas pesquisas davam suporte às medidas de ordem técnica, administrativa e médica, especificadas pela diretiva da União Européia para exposições acima do nível de ação ($2,5\text{ m/s}^2$). Consideraram que, de acordo com a opinião mais predominante entre investigadores, o limite de 1 m/s^2 parece oferecer proteção adequada para a maioria dos trabalhadores expostos à vibração em mãos e braços. A magnitude estimada do risco de *VWF* entre trabalhadores expostos a uma aceleração ponderada equivalente em 8 h, $A_{(8)} = 5\text{ m/s}^2$, indica que o limite de exposição proposto pela Comissão da União Européia não é tão “preventivo”. Concluíram que as informações obtidas nos seus estudos dão sustentação aos níveis de exposição à vibração propostos pela diretiva para agentes físicos da União Européia (tabela 4).

Tabela 4 - Duração da exposição em anos para início da *VWF* ⁽¹⁾

NÍVEL (Comissão Européia)	A(8) m/s ² , r.m.s	Porcentagem de trabalhadores afetados com <i>VWF</i>				
		10	20	30	40	50
Limiar	1	22,5	42,9	>45,0	>45,0	>45,0
Ação	2,5	9,2	17,5	25,5	33,3	41,1
Risco aumentado	3,5 ⁽²⁾	6,6	12,6	18,3	24,0	29,5
Limite de exposição	5	4,6	8,9	12,9	16,9	20,8

[FONTE: BOVENZI *et al.*, 1995]

(1) Duração da exposição em anos para início da *VWF* considerando as porcentagens de trabalhadores florestais e os níveis de exposição à vibração das diretivas de agentes físicos propostos pela Comissão da União Européia (EUC): exposição diária (8 horas) à vibração transmitida às mãos, expressa em termos da aceleração ponderada em frequência.

(2) Valor A₍₈₎ aproximado para uma curta exposição (~15min) a uma aceleração equivalente de 20 m/s²

A Legislação Brasileira prevê através da Norma Regulamentadora NR-15 - Anexo 8, com redação dada pela portaria n.º 12 de 1983, que as atividades e operações que exponham os trabalhadores sem proteção adequada às vibrações localizadas ou de corpo inteiro serão caracterizadas como insalubres através de perícia realizada no local de trabalho. A perícia visando a comprovação ou não da exposição deve tomar por base os limites de exposição definidos pela Organização Internacional para a Normalização em suas normas ISO 2631² e ISO 5349, ou suas substitutas. Em relação ao laudo pericial, a legislação determina que os seguintes itens deverão constar obrigatoriamente:

- a) o critério adotado;
- b) o instrumental utilizado;

² A última revisão dessa norma, publicada em 1997 excluiu os limites de exposição, conforto e proficiência reduzida por fadiga que faziam parte do documento anterior ISO 2631-1 (1985).

- c) a metodologia de avaliação;
- d) a descrição das condições de trabalho e do tempo de exposição às vibrações;
- e) o resultado da avaliação quantitativa;
- f) as medidas para eliminação e/ou neutralização da insalubridade quando houver.

A insalubridade quando constatada no caso da vibrações, está classificada como grau médio, assegurando ao trabalhador a percepção de adicional incidente sobre o salário mínimo da região equivalente a 20% (vinte por cento).

A Portaria n.º 25 de 29 de dezembro de 1994 do MTb, relativa à Norma Regulamentadora N.º 9 sobre Riscos Ambientais, produz algumas interpretações interessantes quando analisada do ponto de vista do agente físico vibrações, no que tange ao item relativo às medidas de controle “9.3.5”. A referida Portaria prescreve (item 9.3.5.1) a adoção de medidas, sempre que os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os limites previstos na Norma Regulamentadora NR-15 (Atividades e operações insalubres) ou, na ausência destes, os valores adotados pela Conferência Americana de Higienistas Governamentais Industriais (ACGIH), ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnicos-legais vigentes.

Com base nas colocações do parágrafo anterior, se considerarmos o agente físico vibrações, observamos que a Norma Regulamentadora NR-15, em seu Anexo VIII, conduz aos limites de exposição apontados na ISO 5349 para vibrações em mãos e braços; no entanto, a norma ISO 5349 não estabelece limites de exposição e sim uma relação entre a dose de vibração recebida e a resposta no trabalhador, tendo em conta os parâmetros: tempo de exposição (em anos); valor da aceleração ponderada equivalente 4 horas (*r.m.s*) e percentis relativos ao número de trabalhadores atingidos. Portanto, com base na relação fornecida por esta Norma, cabe a cada país indicar o seu próprio limite de exposição. No caso do Brasil não há limites estabelecidos para vibrações em mãos e braços até o presente momento, o que remete numa primeira análise aos valores estabelecidos pela “ACGIH” para fins de adoção de medidas necessárias e suficientes para a eliminação, a minimização ou controle dos riscos inerentes às vibrações conforme texto do item 9.3.5.1 da NR-9, CUNHA (1995).

Os limites de exposição estabelecidos pela ACGIH (1999), estão apresentados na tabela 5. As medições devem ser realizadas de acordo com os procedimentos e instrumentos especificados pela ISO 5349 (1986) e ANSI S3.34 -1986. Segundo a ACGIH, os limites referem-se a níveis e durações de exposição a componentes de aceleração que representam condições sob as quais se acredita que praticamente todos os trabalhadores possam ser repetidamente expostos, quotidianamente, sem que evoluam para além do Estágio 1 do Sistema de Classificação do Encontro de Estocolmo para dedos brancos induzidos por vibração (VWF), também conhecido como Fenômeno de Raynaud de Origem Ocupacional (tabela 6). Considera ainda que devido à carência de relacionamento dose-resposta para a VWF, essas recomendações foram derivadas a partir de dados epidemiológicos de atividade florestais, mineração e metalurgia-mecânica.

Tabela 5 - Limites^(a) de exposição das mãos em quaisquer direções X_h , Y_h , Z_h

Duração total da exposição diária ^(b)	Valores da componente de aceleração dominante^(c), ponderada em frequência, <i>r.m.s</i>, os quais não devem ser excedidos - $a_{(eq)}$ (m/s^2)
4 hs $\leq t < 8$hs	4
2 hs $\leq t < 4$hs	6
1 h $\leq t < 2$hs	8
Menos de 1 hora	12

[FONTE: Modificado de ACGIH, 1999]

- (a) Visam limitar a progressão da doença além do estágio 1 da classificação de Estocolmo (tabela 6)
- (b) Corresponde ao tempo total de contato da vibração com as mãos, por dia, seja continuamente ou intermitentemente.
- (c) Geralmente a vibração em um dos eixos é dominante em relação aos demais; se os valores de aceleração em um ou mais eixos ultrapassarem os valores da exposição diária total, o limite estará excedido.

Tabela 6 - Sistema de classificação da síndrome da vibração em mãos e braços (*HAVS*)
do Workshop de Estocolmo para sintomas vasculares periféricos e neurossensoriais
induzidos pelo frio.

Avaliação vascular		
Estágio	Grau	Descrição
0	-----	Sem ataques
1	Suave	Ataques ocasionais afetando somente a ponta de um ou mais dedos
2	Moderado	Ataques ocasionais afetando as falanges distal e média (raramente também a proximal) de um ou mais dedos
3	Severo	Ataques freqüentes afetando todas as falanges da maioria dos dedos
4	Muito severo	Idem estágio 3, com mudanças tróficas da pele nas pontas dos dedos

Nota: A graduação é feita de forma distinta para cada mão, por exemplo: 2L(2)/1R(1) = estágio 2 na mão esquerda em dois dedos e estágio 1 na mão direita em 1 dedo.

Avaliação neurossensorial	
Estágio	Sintomas
0SN	Exposto à vibração, sem sintomas
1SN	Dormência intermitente, com ou sem formigamento
2SN	Dormência intermitente ou persistente, redução da percepção sensorial
3SN	Dormência intermitente ou persistente, redução da discriminação tátil e/ou destreza manual

Nota: graduação distinta para cada mão.

[FONTE: ACGIH, 1999]

A relação causa-efeito associada à vibração transmitida às mãos é influenciada por muitas variáveis complexas, as quais estão relacionadas à vibração, à exposição e ao trabalhador. Limites de exposição singulares podem não ser razoáveis, pela impossibilidade de se definirem valores numéricos a partir dos quais haja certeza quanto aos prejuízos causados, ou quando abaixo destes limites não exista possibilidade de danos. A fixação de um limite implica na decisão de aceitar uma certa quantidade de dano, envolve a definição de um determinado grau de prejuízo considerado aceitável numa determinada porcentagem de pessoas, após um determinado período de exposição. O limite corresponderá a um compromisso entre as conseqüências resultantes de prejuízos excessivos aos indivíduos expostos devido a um limite muito alto, e a influência de um limite baixo nos custos de produção e na atividade. A proposição de um nível de ação é uma solução para o dilema que surge quando um guia é requerido, e ainda não é possível definir um limite razoável sendo, no entanto, benéfica a aplicação de certas restrições. Exposições acima do nível de ação não são necessariamente perigosas ou proibidas. Um nível de ação implica na definição de procedimentos de medição e aplicação de medidas preventivas quando o mesmo for superado, GRIFFIN (1996).

Ainda segundo GRIFFIN (1996), vibrações com altas magnitudes e de curta duração podem apresentar potencial de dano; portanto, precauções devem ser tomadas nessas situações ainda que o nível de ação não seja excedido. Reconhecendo-se a inadequação da dependência temporal com relação à energia recebida, pode ser desejável definir uma determinada magnitude da vibração acima do nível de ação, independentemente da duração da exposição, como valor superior "limite". O autor sugere como valor possível e conveniente uma aceleração ponderada em frequência de 10m.s^{-2} (*r.m.s*).

Segundo a HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (1994), programas preventivos e de vigilância à saúde são recomendados onde haja trabalhadores expostos regularmente a níveis superiores a um valor de exposição normalizado para 8 horas A(8) de $2,8\text{ m/s}^2$. Para períodos normalizados de 4 horas a aceleração correspondente é de 4 m/s^2 . A tabela 7 fornece os valores

médios da aceleração correspondentes a uma $A(8)$ de $2,8 \text{ m/s}^2$ para diferentes períodos de trabalho.

Tabela 7 – Nível médio de vibração durante uma jornada de trabalho
correspondente a um $A(8) = 2,8 \text{ m/s}^2$

Duração do período de trabalho (h)	16	8	4	2	1	1/2
Aceleração eficaz (m/s^2) numa jornada de trabalho correspondente a $A(8)$ de $2,8 \text{ m/s}^2$	2	2,8	4	5,6	8	11,2

[FONTE: HEALTH & SAFETY EXECUTIVE, 1994]

3.5 Avaliação da exposição à vibração

Segundo a norma ISO 5349 (1986) a severidade dos efeitos biológicos da vibração transmitida às mãos nas condições de trabalho é influenciada pelos seguintes parâmetros:

- espectro de frequências da vibração;
- magnitude do sinal de vibração;
- duração da exposição diária;
- configuração da exposição ao longo do tempo e método de trabalho (exposições contínuas, com pausas, períodos de descanso e respectivos tempos relativos, pausas em que a ferramenta é deixada de lado ou permanece segura pelo operador na marcha em vazio, etc.);

- exposição acumulada;
- magnitude e direção das forças aplicadas pelo operador ao segurar a ferramenta ou a peça trabalhada;
- posturas das mãos, braços e posição do corpo durante a operação (ângulos dos pulsos, cotovelos e ombros);
- tipo e condição do equipamento, ferramenta ou peça trabalhada;
- área e localização das partes das mãos expostas à vibração.

Outros fatores que podem influenciar na severidade dos efeitos:

- as direções da vibração transmitida às mãos;
- método de trabalho e habilidade do operador;
- quaisquer fatores predisponentes da saúde do indivíduo.

3.5.1 Seleção e montagem dos transdutores

O acelerômetro piezoelétrico, utilizado na obtenção do sinal desejado, consiste num transdutor eletromecânico que gera uma saída elétrica quando submetido a uma vibração ou choque mecânico. Dentro de uma larga faixa dinâmica e faixa de frequência a sua saída elétrica é diretamente proporcional à aceleração da vibração aplicada a sua base, figuras 6 e 7.

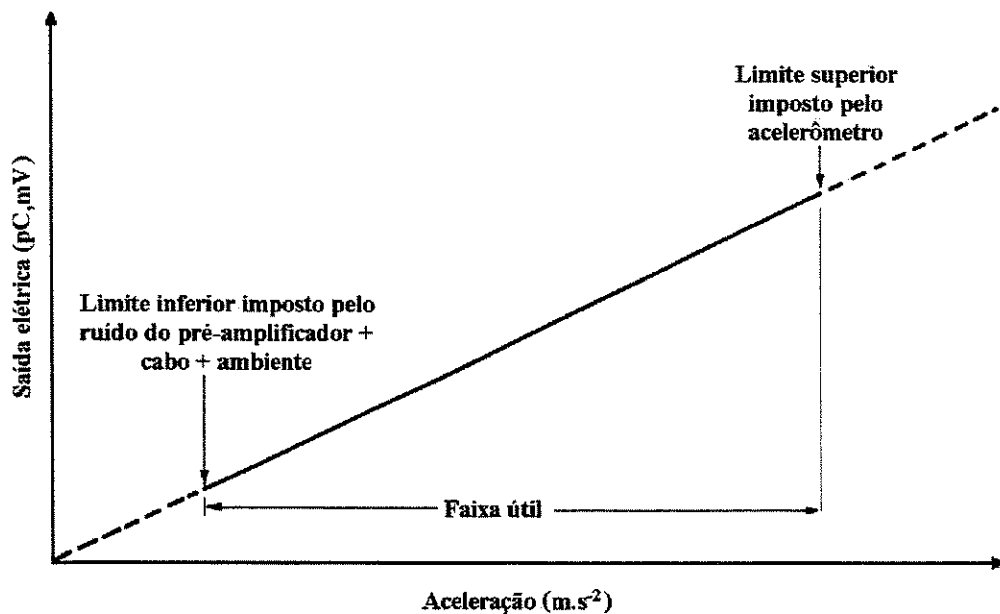


Figura 6 - Saída elétrica versus aceleração para acelerômetros piezoelétricos
[FONTE: BRÜEL & KJAER, 1978]

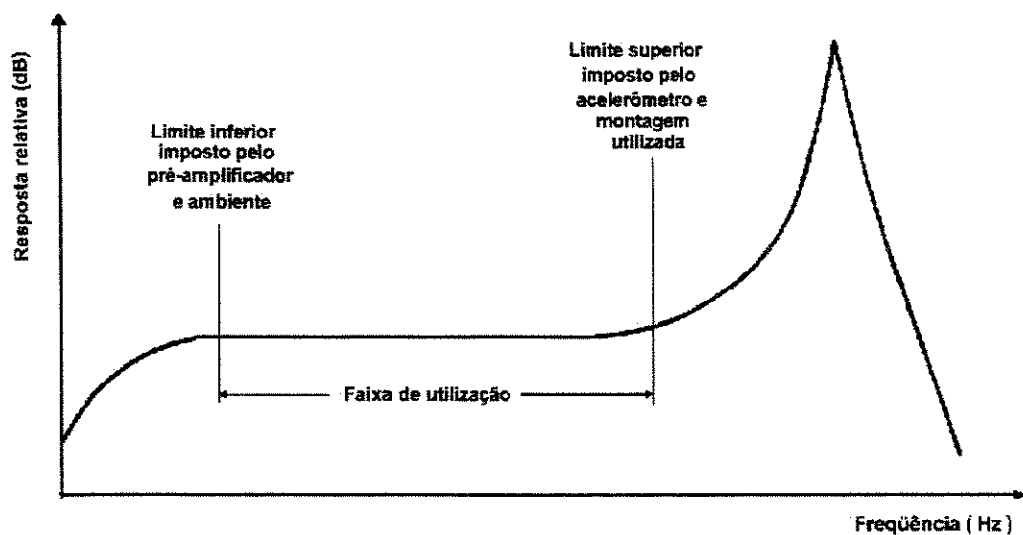


Figura 7 - Resposta em frequência de um acelerômetro submetido a uma aceleração constante
[FONTE: BRÜEL & KJAER, 1978]

No processo de seleção de acelerômetros existem diversos fatores a serem considerados, BRÜEL & KJAER (1978), GRIFFIN (1996):

- sensibilidade (pC/m.s^{-2} ; mV/m.s^{-2})
- frequência natural (f_n);
- tamanho
- peso (g)
- amortecimento;
- a maior frequência aplicável, $f_{\text{máx}}$ (para um erro de 10%, $f_{\text{máx}} < 1/5 f_n$);
- erro de fase para $f = f_{\text{máx}}$;
- a frequência mais baixa aplicável, f_{min} (f_{min} para um erro não superior a 10%);
- erro de fase para $f = f_{\text{máx}}$;
- resposta plana entre f_{min} e $f_{\text{máx}}$;
- ruído;
- sensibilidade no eixo secundário (transversal);
- efeito da temperatura na sensibilidade;
- efeito da temperatura na saída *d.c.*;
- vibração operacional máxima;
- choque operacional máximo;
- vibração máxima tolerada;
- choque máximo tolerado;
- características e comprimento do cabo;
- método de conexão e montagem;
- método de calibração;

Quase todos os registros sobre medições da vibração em ferramentas manuais têm sido obtidos utilizando-se acelerômetros. O uso de vibrômetros a laser permite medições sem contato direto com a ferramenta. Esse método indica a velocidade relativa de um ponto na direção normal à superfície na qual o feixe de luz do laser é dirigida. Torna-se necessária a presença de uma superfície alvo à qual será apontada o laser podendo haver dificuldades no direcionamento do

feixe ao alvo quando ocorrem movimentos voluntários durante o uso normal da ferramenta. Métodos ópticos de medição têm sido utilizados com sucesso em laboratório, GRIFFIN (1996).

Dentre os principais tipos de acelerômetros úteis na obtenção do sinal desejado podem ser citados: o piezoelétrico, cuja tensão elétrica de saída é proporcional à pressão aplicada ao cristal e o piezoresistivo, cujas alterações na resistência são proporcionais à pressão exercida pela força. Este último possui a vantagem de responder a frequências a partir de 0 Hz (d.c.); no entanto, as frequências de ressonância desses transdutores são baixas. Os acelerômetros piezoelétricos podem atingir faixas de ressonância superiores, tendem a ser mais robustos e de custo mais baixo, sendo mais comumente utilizados nas medições da vibração transmitida às mãos. Alguns acelerômetros piezoelétricos contêm internamente um amplificador de carga que facilita a montagem eliminando o problema de sinais espúrios provenientes da movimentação dos cabos (ruído elétrico do cabo).

A alteração de fase de um acelerômetro corresponde ao tempo de atraso entre a entrada mecânica e a saída elétrica resultante. Se o atraso não for constante em todas as frequências na faixa de operação, a relação do tempo ou fase entre as várias frequências componentes da vibração sofrerão alterações, resultando numa saída elétrica que será uma representação distorcida do sinal (mecânico) de entrada. A figura 8 apresenta a sensibilidade e resposta de fase de um acelerômetro.

Os cabos utilizados na conexão dos acelerômetros devem ser fixados de forma a reduzir a possibilidade de flexão e compressão para minimizar o ruído induzido pelo movimento mecânico, BRÜEL & KJAER (1978).

A norma ISO 5349 (1986) estabelece que, havendo a presença de material resiliente entre as mãos e a estrutura vibrante (por exemplo: empunhaduras forradas), é permitido a fixação do acelerômetro junto a uma folha metálica, fina com forma adequada, posicionada entre superfície do material resiliente e as mãos. Qualquer que seja o caso, devem ser tomados cuidados para que a massa, o tamanho, a forma e a montagem do transdutor ou qualquer adaptação ou suporte utilizado na sua montagem, não influencie significativamente a transferência do sinal de vibração na faixa de frequência de interesse.

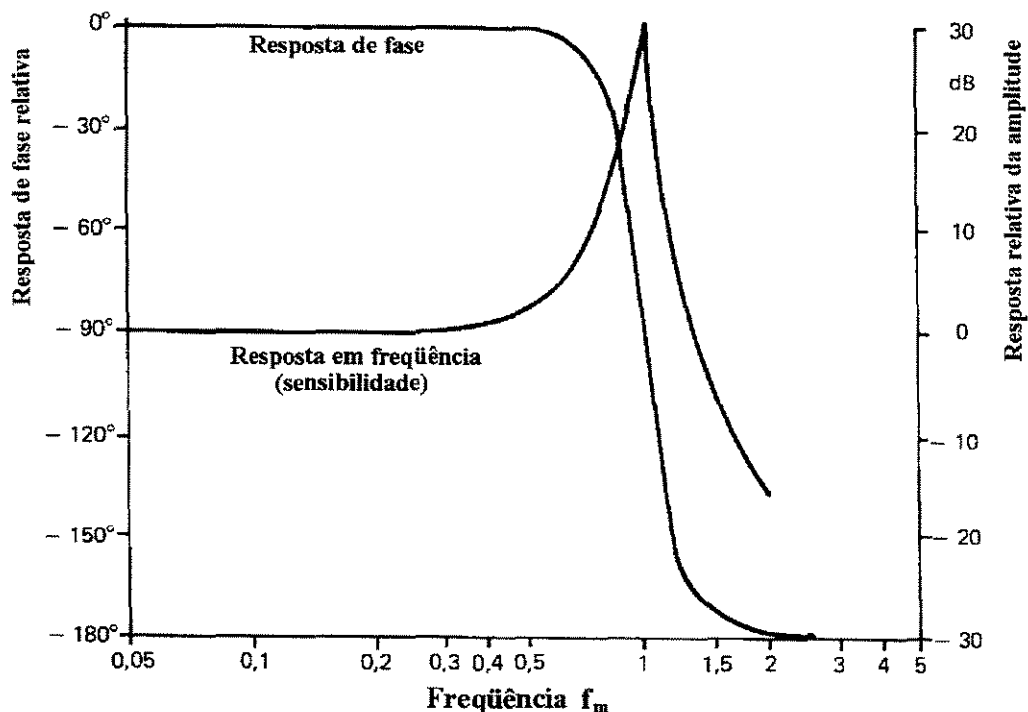


Figura 8 - Resposta da sensibilidade e fase de um acelerômetro em função da frequência.

[FONTE: BRÜEL & KJAER, 1978]

3.5.2 Determinação do tempo de exposição à vibração

A estimativa temporal da exposição diária do homem em relação à vibração pode ser realizada de diversas formas: registro da vibração durante um ciclo típico de operação, registro do ruído associado à operação, através de filmagem ou cronometragem dos tempos de operação, monitoramento da potência ou combustível despendido pelo equipamento ou pela quantidade de trabalho realizada, GRIFFIN (1996).

MIYASHITA *et.al.* (1982) utilizaram o tempo total de operação (*TOT*) como um índice de dose da vibração recebida pelos operadores de motosserra. O *TOT* foi calculado multiplicado-se: o tempo de operação da motosserra pelo número de dias por ano pelo número de anos. Neste trabalho foram estabelecidos diversos grupos de exposição.

O grupo de controle (A), era formado por indivíduos que nunca foram expostos à vibração. No grupo B ($0 < TOT < 2000$ h) os sintomas foram geralmente restritos ao formigamento, adormecimento ou dor. No grupo C ($2000 < TOT < 5000$ h) foram detectados distúrbios circulatórios, do nervo periférico incluindo o fenômeno de Raynaud e certo grau de influência a nível muscular. No grupo D ($5000 < TOT < 8000$ h) foram notadas mudanças de ordem funcional e para o grupo E ($TOT > 8000$ h) cerca de metade dos operadores sofreram severas mudanças orgânicas ou funcionais. A figura 9 relaciona a frequência e severidade de cada sintoma com o tempo total de operação da motosserra.

TOMINAGA (1982) verificou o histórico de trabalho de operadores de motosserra utilizando como método, o estudo dos tempos e movimentos juntamente com monitoramento pessoal para medir o ruído e vibração. Dessa forma, determinou o tempo total de exposição. Ao comparar esses dados com informações obtidas por meio de questionários, concluiu que os operadores dessas ferramentas geralmente superestimavam seus tempos reais de operação em duas vezes.

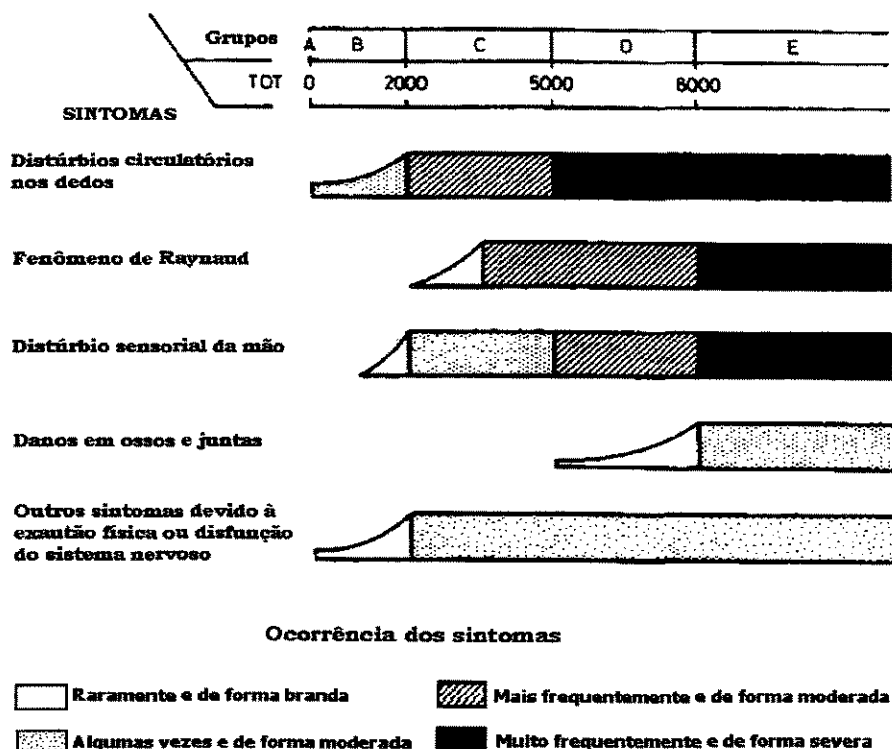


Figura 9 - Frequência e severidade de cada sintoma em relação ao tempo total de operação da motosserra

[FONTE: MIYASHITA *et.al.*, 1982]

Segundo TESCHKE *et al.* (1990) embora existam estudos que tenham demonstrado o modelo dose-resposta com relação ao tempo total de exposição à vibração em anos, existe carência de dados sobre a duração da exposição diária. Alguns estudos reuniram esses dados por meio do histórico ocupacional, outros utilizaram as observações do próprio local de trabalho ou aplicaram métodos quantitativos para reunião das informações. São raros os estudos que quantificaram a duração da exposição à vibração por meio do monitoramento direto.

A obtenção de dados representativos da exposição ocupacional do operador de motosserra pode requerer o monitoramento da vibração durante longo período de tempo. A duração da exposição está sujeita a uma larga variabilidade em razão de aspectos, tais como: tempo de deslocamento entre o local de base e as áreas de corte; tipo de terreno; experiência do operador; necessidade de reparos e reabastecimento do equipamento; tipo e diâmetro das árvores, dentre outros. Existem também algumas dificuldades de ordem operacional:

- natureza "intrusiva" do equipamento utilizado para monitorar a vibração, o qual inclui a montagem de acelerômetro junto às empunhaduras da motosserra;
- interferências na atividade executada pelo operador, pois o mesmo se desloca freqüentemente e de modo rápido em condições perigosas;
- riscos decorrentes da proximidade do avaliador durante as medições (queda de árvores e contato com o sabre).

Os aspectos apresentados anteriormente motivaram TESCHKE *et al.* (1990) ao desenvolvimento de um método para quantificação da duração da exposição à vibração por meio da utilização do histórico de exposição ao ruído. Considerando-se que o ruído esperado é a vibração transmitida acusticamente, o mesmo varia diretamente com a vibração da motosserra. Essa correlação não é perfeita porque muitas fontes de variação na vibração não podem ser detectadas pelo medidor integrador (dosímetro de ruído).

Segundo os autores, ensaios de laboratório sugeriam que as freqüências dominantes do ruído gerado pelas motosserras nas condições de corte e em marcha lenta estavam na faixa de 1000Hz. Como os dosímetros utilizados dispunham de circuito de resposta com ponderação segundo a curva "A", haveria pouca diferença nos resultados dos níveis de pressão sonora obtidos a partir da ponderação "A" em relação a uma resposta linear.

Os métodos aplicados no desenvolvimento desse trabalho envolveram várias fases: inicialmente foi verificado se o ruído produzido pelas motosserras era distinguível em relação ao ruído de fundo (figura 10), resultante das diversas situações e atividades que ocorrem ao longo da jornada; numa segunda etapa verificou-se a possibilidade de distinção entre os modos de

operação das motosserras por meio dos respectivos ruídos gerados. Produziu-se então um modelo, pelo qual as medições dos níveis de ruído gerados poderiam ser utilizadas para estimar a duração da vibração em cada modo de operação.

O modelo foi elaborado a partir dos dados de oito operadores de motosserra, pela análise dos histogramas dos níveis de pressão sonora para cada modo de operação e respectivos tempos observados. Todos os níveis de pressão sonora iguais ou inferiores a 85 dB(A) representavam as condições com as motosserras desligadas. Como havia superposição dos níveis de pressão sonora para as condições em vazio e em corte houve dificuldade de distinção entre essas condições. Todos os níveis superiores a 85 dB(A) e inferiores a 100 dB(A) mais metade das leituras entre 100 e 108 dB(A) representavam a condição em vazio. A condição de corte foi representada por metade das leituras entre 100 e 108 dB(A) mais todas as leituras iguais ou superiores a 109 dB(A). A tabela 8 apresenta as durações estimadas pelos níveis de pressão sonora e aquelas observadas em campo para cada condição. Os resultados deste estudo ilustraram que o histórico do ruído pode ser utilizado na estimativa da duração dos três diferentes modos de operação das motosserras: em corte, marcha lenta (vazio) e acelerado.

O método proposto oferece algumas vantagens³:

- Não interfere na rotina de trabalho, pois o dosímetro é pequeno e pode ser montado no operador;
- O equipamento dispõe de recursos que possibilitam o registro da variação temporal do nível de pressão sonora em intervalos programados que podem cobrir toda a jornada de trabalho.

³ Além das vantagens citadas por TESCHKE *et al.*, observamos que é crescente no nosso meio o número de empresas e profissionais liberais que adquirem e utilizam medidores de nível de pressão sonora integradores (dosímetros de ruído), o que pode possibilitar a aplicação e difusão desse método.

Tabela 8 - Tempo de duração da condição estimada (Est.) de cada motosserra através das faixas otimizadas de níveis de pressão sonora e as durações observadas (Obs.).

Duração em minutos							
AMOSTRA	Modelo de motosserra	Equipamento desligado		Equipamento em marcha lenta		Equipamento cortando	
		(Est.) ^A	(Obs.) ^B	(Est.) ^C	(Obs.) ^D	(Est.) ^E	(Obs.) ^F
1	Stihl 056	48,50	(51,00)	40,75	(46,75)	53,00	(44,50)
2	Husqvarna 2101	33,50	(35,00)	31,75	(24,50)	34,00	(39,75)
3	Stihl 056	65,25	(66,50)	39,00	(48,50)	58,75	(48,00)
4	Husqvarna 281	23,25	(21,50)	47,75	(45,75)	53,25	(57,00)
5	Husqvarna 281	65,50	(61,75)	43,75	(48,00)	41,25	(40,75)
6	Stihl 056	47,00	(47,25)	22,50	(16,25)	16,50	(22,50)
7	Stihl 056	28,00	(22,25)	62,75	(68,25)	69,50	(69,75)
8	Stihl 056	41,00	(46,50)	38,75	(39,00)	26,75	(21,00)

[FONTE: TESCHKE *et al.*, 1990]A - Duração total dos níveis de pressão sonora ≤ 85 dB(A).

B - Duração total observada com a motosserra desligada.

C - Duração total dos níveis de pressão sonora > 85 dB(A) e < 100 dB(A), mais metade da duração dos níveis de pressão sonora ≥ 100 dB(A) e ≤ 108 dB(A)

D - Duração total observada com o equipamento em vazio.

E - Metade da duração do níveis de pressão sonora ≥ 100 dB(A) e ≤ 108 dB(A) mais a duração total dos níveis de pressão sonora > 108 dB(A).

F - Duração total observada com o equipamento na operação de corte.

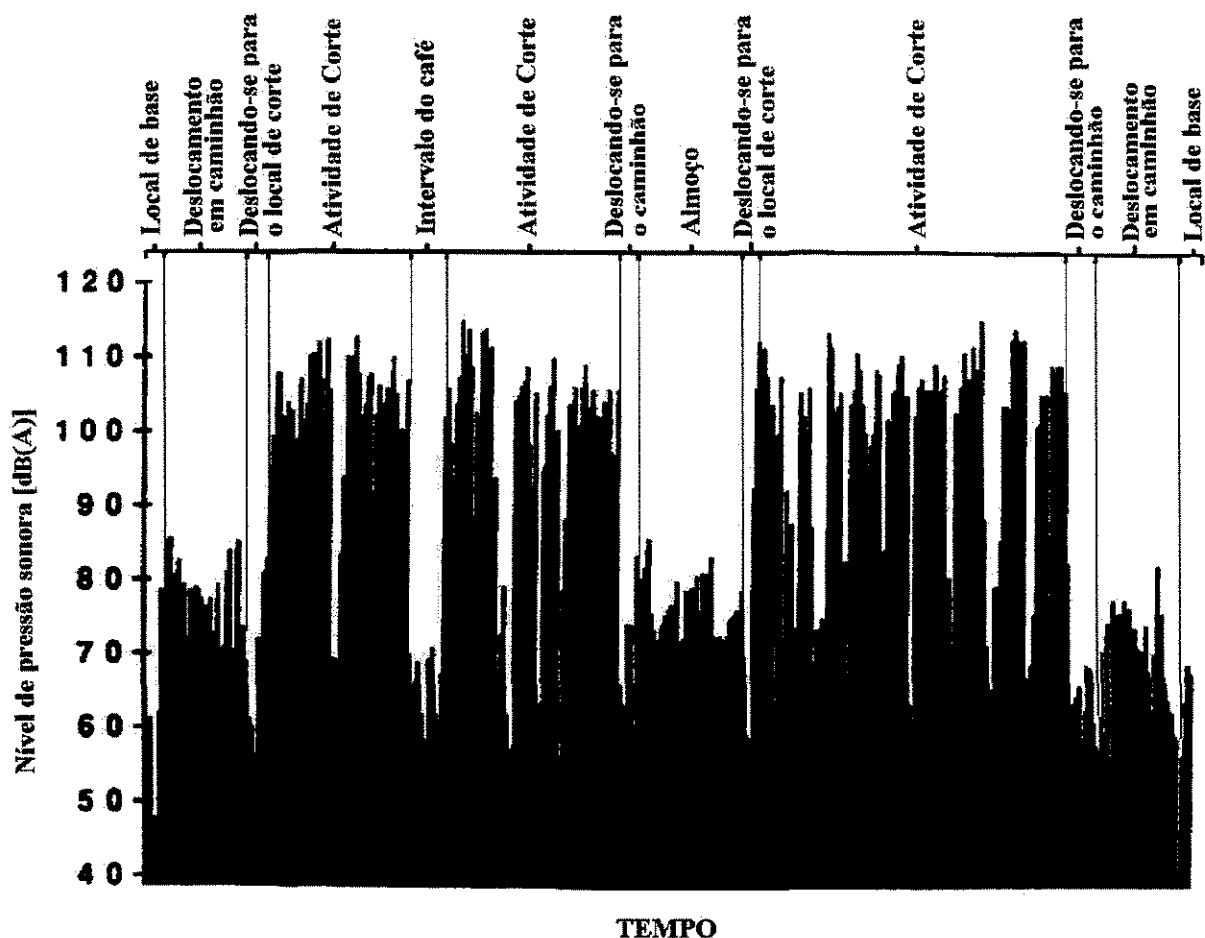


Figura 10 - Histórico de exposição ao ruído de um motosserrista num turno de trabalho de aproximadamente 8 horas.

[FONTE: TESCHKE *et al.*, 1990]

Na terceira fase desse trabalho, aplicou-se o método em 13 operadores de motosserra. Os resultados obtidos mostraram uma considerável variabilidade na duração da exposição diária à vibração, foram encontradas variações entre o tempo total de exposição dos operadores de 1,5 h a 4,5 h conforme dados apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Duração estimada para cada modo de operação da motosserra para 13 operadores em condições de campo

Amostra	Modelo de motosserra	Duração estimada (min)		
		Motosserra desligada	Operação em vazio (marcha lenta)	Operação de corte
A	Husqvarva 2101	436	73	105
B	Husqvarva 2101	357	100	58
C	Husqvarva 2101	362	42	114
D	Husqvarva 2101	292	68	138
E	Husqvarva 2101	348	73	59
F	Husqvarva 281	378	112	98
G	Husqvarva 281	348	143	98
H	Husqvarva 281	245	148	66
I	Husqvarva 2101	523	29	63
J	Husqvarva 2101	365	50	92
K	Husqvarva 281	311	104	110
L	Stihl 056	188	116	106
M	Stihl 056	154	120	138
Média $\pm$ erro padrão		331 $\pm$ 27	91 $\pm$ 11	96 $\pm$ 7
Faixa		154 – 523	29 - 148	58 – 138

[FONTE: TESCHKE *et al.*, 1990]

Alguns estudos, segundo GRIFFIN (1996), têm revelado um largo espalhamento na relação entre o período total de uso da ferramenta e as medidas de severidade dos sintomas. Exposições de 10000 h à vibração podem ou não serem taxadas como perigosas dependendo da duração da exposição dentro de cada dia. A abordagem simplificada normalmente utilizada

envolve a estimativa do tempo total de exposição à vibração (ou uso da ferramenta). Neste caso, presume-se um efeito cumulativo da vibração no qual as dependências temporais das exposições diárias e anuais são as mesmas. Futuros estudos podem investigar a justificativa para a utilização de diferentes dependências temporais dentro do dia e ao longo dos dias.

Adicionalmente às escassas evidências que suportam as variáveis correntemente utilizadas na quantificação da relação dose-efeito (frequência ponderada e dependência temporal) existem outros fatores que influenciam a relação entre a vibração e a severidade das conseqüentes desordens, sua prevalência e sua latência. Na figura 11 estão representadas dentro da linha contínua as variáveis cuja quantificação é possível segundo os padrões atuais vigentes, em pontilhado estão os outros fatores que podem influenciar na acurácia da relação dose-resposta.

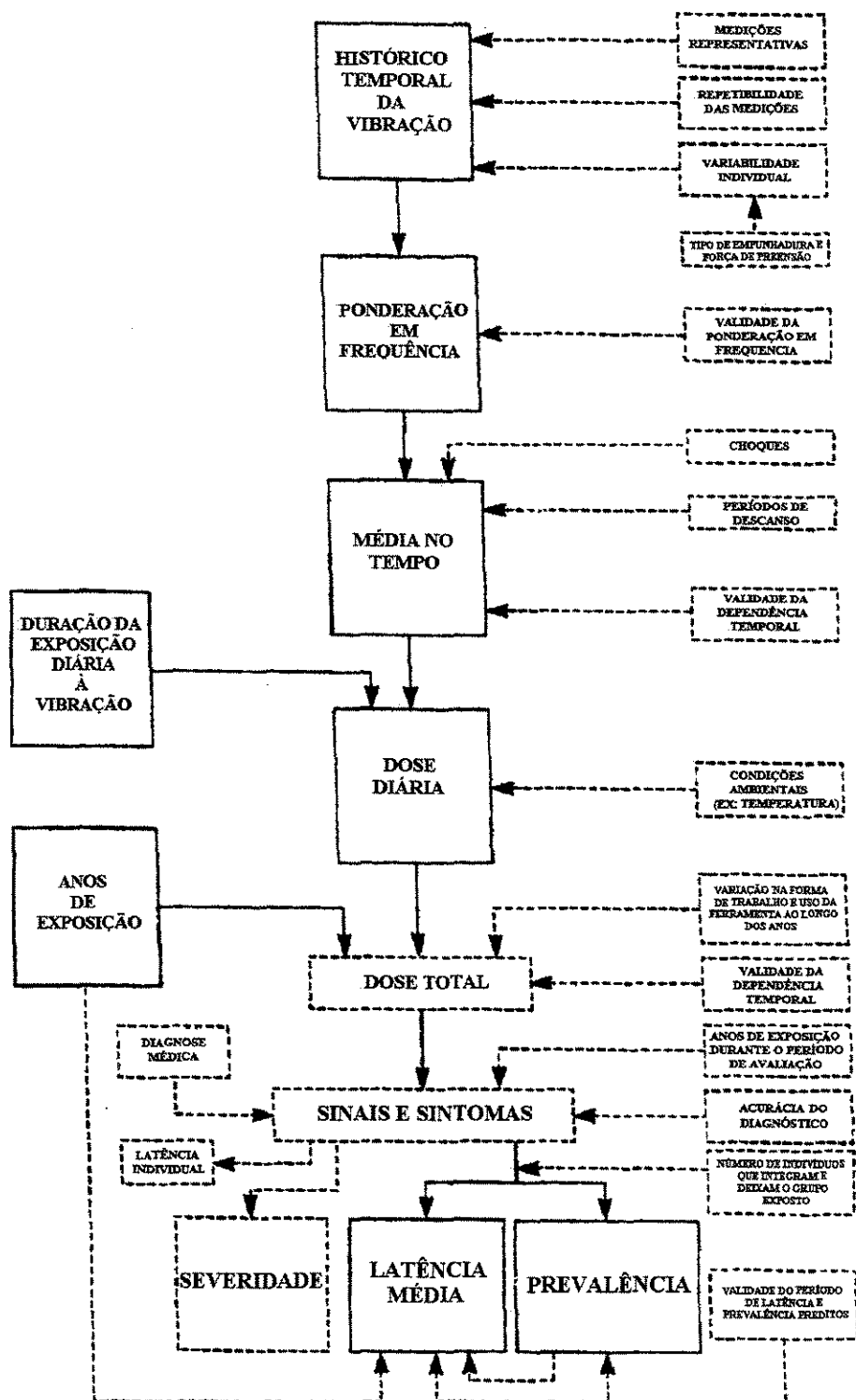


Figura 11 - Fatores que influem na relação entre a vibração transmitida, a severidade, prevalência e latência dos sinais e sintomas adversos.

[FONTE: GRIFFIN, 1996]

3.6 Medidas preventivas e o controle do risco

A proteção efetiva dos trabalhadores contra a síndrome da vibração depende da adoção de posturas preventivas. Os princípios a serem observados são análogos àqueles aplicados a outros agentes estressores, NIOSH (1989).

Segundo GRIFFIN (1996), um programa de prevenção contra os prejuízos causados pela vibração envolve alguns aspectos importantes abordados no modelo conceitual simplificado da figura 12 e descritos a seguir:

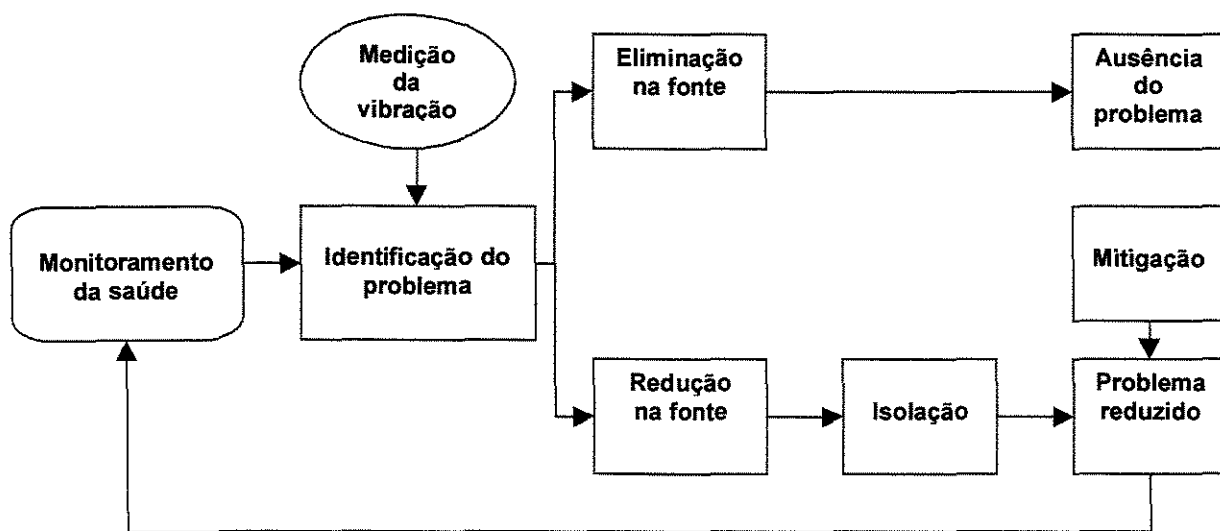


Figura 12 - Esboço conceitual de um programa para prevenção de distúrbios ocasionados pela vibração

[FONTE: GRIFFIN, 1996]

a) a *identificação* do problema consiste no primeiro aspecto a ser considerado seja pela antecipação do risco baseada no conhecimento disponível em relação à FMV utilizada, efeitos observados em usuários ou pela medição da vibração gerada.

b) a *eliminação* da vibração na fonte é a solução mais efetiva, no entanto envolve automação da operação ou eliminação do processo. Essas medidas são de aceitação difícil.

c) *redução na fonte* - pode envolver a seleção de ferramentas que geram menores níveis de vibração.

d) *isolação* - pode ser incorporada na ferramenta pelo fabricante, ou em algumas situações ser adicionada no local de trabalho.

e) a *mitigação dos efeitos* da vibração pode envolver a instrução e capacitação dos usuários de FMVs, a adoção de métodos e/ou procedimentos de trabalho, a provisão de condições ambientais adequadas e o uso de equipamentos e roupas de proteção.

f) o *monitoramento da saúde* de trabalhadores expostos ao risco, para identificar a existência de doenças, sua evolução e a efetividade das medidas preventivas aplicadas.

A educação é identificada como o componente mais importante dentro de um programa de prevenção, implica no repasse de informações a todos os elementos envolvidos: administradores, engenheiros, médicos e trabalhadores expostos sobre os problemas potenciais e as medidas para reduzir ou eliminar os riscos.

Muitas ferramentas vibratórias e processos correntemente em uso são insatisfatórios do ponto de vista ergonômico. As considerações sobre a exposição à vibração poderiam ser melhor tratadas dentro de uma avaliação mais abrangente, considerando todos os fatores humanos associados ao trabalho.

A norma ISO 5349 (1986) estabelece em seu anexo B algumas orientações preventivas a serem consideradas no controle do risco:

- a) medidas médicas preventivas associadas à exposição regular de mãos e braços à vibração, registro do histórico anterior de exposição, realização de exames periódicos e avaliação cuidadosa de indivíduos com doenças ou propensões que possam ser agravadas pela exposição à vibração;
- b) orientação aos usuários de equipamentos vibratórios sobre o risco da exposição à vibração;
- c) medidas técnicas preventivas para redução da intensidade da vibração dirigida às mãos, tais como a manutenção adequada e a seleção de equipamentos com níveis de vibração mais baixos quando existir opção de escolha;
- d) medidas administrativas preventivas para redução da vibração dirigida às mãos; devem incluir treinamento ao trabalhador sobre o uso adequado do equipamento e a introdução de pausas no trabalho (períodos livres de vibração);
- e) conselhos para pessoas que usam ferramentas vibratórias manuais : uso de roupas adequadas e secas, evitar ou diminuir o fumo, procurar ajuda médica quando ocorrerem ataques de branqueamento ou longos períodos de formigamento/adormecimento nos dedos. O trabalhador deve deixar a ferramenta “fazer o trabalho” e segurá-la tão levemente quanto possível, desde que isto seja consistente com a prática segura de trabalho, garantindo-se o controle da ferramenta;
- f) informar ao supervisor se forem percebidos níveis anormais de vibração durante a operação;
- g) as ferramentas não devem liberar gases frios ou fluidos sobre as mãos do operador (Ex.: escape de ar comprimido).

Segundo a NIOSH (1989), o desenvolvimento da *HAVS* está relacionado à dose recebida. Procedimentos de controle efetivos devem ser direcionados à redução da intensidade da vibração, do tempo de exposição, identificação dos primeiros sinais e sintomas da doença e detecção de indivíduos susceptíveis. A estratégia de controle deve contemplar um conjunto de medidas:

- a) monitoramento da exposição;
- b) controle de engenharia para redução da vibração na fonte, na transmissão e por meio da modificação do processo;
- c) práticas de trabalho e considerações ergonômicas voltadas à redução do impacto à saúde;
- d) vestimentas e equipamento de proteção individual;
- e) treinamento do trabalhador;
- f) monitoramento médico que inclua exames pré-admissionais, periódicos e vigilância médica;
- g) manutenção dos registros: os dados obtidos em relação às várias medidas citadas anteriormente, devem ser mantidos de forma adequada a fim de estabelecer o devido controle dos componentes e procedimentos aplicados no programa.

No Reino Unido são recomendados programas preventivos e vigilância à saúde para exposições acima do nível de ação $A(8) = 2,8 \text{ m/s}^2$ para um período de 8 horas. Se for considerado um período de 4 horas como referência, a este corresponderá um nível de ação $A(4) = 4 \text{ m/s}^2$, HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (1994).

A Diretiva sobre Segurança de Máquinas da Comunidade Européia, explicita que os manuais de instrução dos equipamentos vibratórios operados manualmente devem especificar a aceleração efetiva, quando esta for superior a $2,5 \text{ m/s}^2$. A Diretiva proposta pelo Conselho das Comunidades Europeias sugere que a vibração transmitida às mãos e braços seja reduzida ao mais baixo nível alcançável, tendo em conta o progresso tecnológico, com o objetivo de reduzir a exposição abaixo do valor limiar. Para exposições acima do valor limiar ($a_{hw(eq,8h)} = 1,0 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$) propõe-se que o trabalhador deva ser informado sobre os riscos potenciais. O nível de ação ($a_{hw(eq,8h)} = 2,5 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$) identifica condições que requerem treinamento em procedimentos preventivos: deve ser feita uma análise da vibração e a

implantação de um programa de medidas preventivas. O trabalhador tem direito a uma vigilância regular à saúde, incluindo exames de rotina destinados à detecção dos primeiros distúrbios causados pela vibração transmitida às mãos. Se o limite de exposição ($a_{hw(eq,8h)} = 5,0m/s^2 \text{ r.m.s}$) for excedido, uma vigilância à saúde deve ser requerida pelos Estados da comunidade Européia a fim de controlar os efeitos prejudiciais, GRIFFIN (1998).

A Legislação Brasileira, por meio da Norma Regulamentadora NR-9 do Ministério do Trabalho (portaria N.º 25 de 29/12/94), exige a adoção um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) visando a preservação da saúde e integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos físicos (ruído, vibração e outros), riscos químicos e biológicos presentes nos ambientes de trabalho. Os dados gerados pelo PPRA e pelo Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) descrito na Norma Regulamentadora NR-7, do Ministério do Trabalho (portaria N.º 24 de 29/12/94), devem ser mantidos por período mínimo de 20 anos.

Na Inglaterra, a Executiva de Saúde e Segurança (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE – HSE, 1994), considera que um programa preventivo deve contemplar ações de treinamento e informação aos trabalhadores e supervisores; medidas de controle para redução da energia da vibração transmitida às mãos; medidas para manutenção da circulação sanguínea e programas de vigilância à saúde. A abrangência das ações inclui precauções na compra de novas máquinas e equipamentos.

3.6.1 Luvas anti-vibratórias

A Legislação Brasileira por meio da Norma Regulamentadora NR-6 do Ministério do Trabalho estabelece que cabe ao empregador: adquirir um Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequado à atividade do empregado; 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 MTb qualquer irregularidade observada no EPI.

Estabelece ainda que a recomendação ao empregador quanto ao EPI adequado ao risco existente em determinada atividade é de competência do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho – SESMT e da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA. Nas empresas desobrigadas de possuir CIPA, cabe ao empregador, mediante orientação técnica, fornecer e determinar o uso do EPI adequado à proteção da integridade física do trabalhador.

A Portaria n.º 25 de 29 de dezembro de 1994 do Ministério do Trabalho, relativa à Norma Regulamentadora N.º 9 especifica que o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) deve estabelecer critérios e mecanismos de avaliação da eficácia das medidas de proteção implantadas, considerando os dados obtidos nas avaliações realizadas e no controle médico da saúde previsto na Norma Regulamentadora NR-7. A utilização de EPIs no âmbito do programa deverá considerar as Normas Legais e Administrativas em vigor e envolver no mínimo:

- a seleção de EPI adequado tecnicamente ao risco a que o trabalhador está exposto e à atividade exercida, considerando-se a eficiência necessária para o controle da exposição ao risco e o conforto oferecido segundo avaliação do trabalhador usuário;
- programa de treinamento dos trabalhadores quanto à sua correta utilização e orientação sobre as limitações de proteção que o EPI oferece;
- estabelecimento de normas ou procedimentos para promover o fornecimento, o uso, a guarda, a higienização, a conservação, a manutenção e a reposição do EPI, visando garantir as condições de proteção originalmente estabelecidas;
- caracterização das funções ou atividades dos trabalhadores, com a respectiva identificação do EPI utilizado para os riscos ambientais.

A norma ISO 5349 (1986) recomenda que, quando possível, devem ser utilizadas luvas adequadas durante as operações com equipamentos vibratórios.

A resposta dinâmica do sistema mão-braço depende do indivíduo, suas posturas, forças de preensão e forças aplicadas na movimentação da ferramenta (puxar ou empurrar). Esses fatores podem influenciar a transmissão da vibração através das luvas, GRIFFIN, MACFARLANE & NORMAN (1982).

GURRAM, RAKHEJA & GOUW (1994), propuseram uma metodologia de teste baseada em sensor a laser para avaliar a performance de luvas anti-vibratórias e luvas de uso geral comercialmente disponíveis. Investigaram as características de transmissão da vibração no sistema mão braço pela medição da vibração transmitida pelos dedos, articulações e pulso na faixa de frequência entre 10 e 500 Hz, sob diferentes forças de preensão e magnitudes de vibração. Foi investigada a performance de atenuação de nove tipos de luvas e analisada a resposta à vibração do acoplamento do sistema mão-luva. Os resultados revelaram que as luvas avaliadas não propiciavam uma atenuação efetiva da vibração causada pelas FMVs. A tabela 10 apresenta as principais características das luvas avaliadas.

A resposta dinâmica das luvas pode ser predita conhecendo-se a impedância dos dedos e pela medição da resposta dinâmica do material empregado nas luvas. Ainda que a resposta da luva seja medida ou predita, existe a necessidade de se considerar as diversas magnitudes da vibração, porque, tanto o material quanto o tecido humano podem oferecer respostas não lineares. As forças de preensão e a área de contato exercerão grande influência nos valores determinados, GRIFFIN (1996).

A decisão de utilizar luvas deve considerar outros aspectos além da mitigação dos efeitos da vibração. Por exemplo, o seu uso pode ser indicado para proteção das mãos contra possíveis traumas ou lesões em certas operações, ou contra-indicado quando existe risco de que as luvas possam ficar presas em máquinas e equipamentos ou reduzir a sensibilidade do operador em relação à operação ou material trabalhado, GRIFFIN (1996).

Tabela 10 – Características das diferentes luvas testadas

N.º	Tipo de luva	Descrição do material	Peso (Kg)	Origem do fabricante
1	AV ^a - FL ^b	85% Nylon e 15% lycra	0,045	Canadá
2	AV – FL	Não disponível	0,060	Canadá
3	AV – F ^c	Algodão e poron	0,105	E.U.A
4	GP ^d – F	Poliuretano	0,085	Canada
5	AV – F	Sorbothane e algodão	0,165	Reino Unido
6	AV – F	Sorbothane e algodão	0,205	Reino Unido
7	AV – F	Sorbothane, algodão, com revestimento interno	0,110	Canadá
8	AV – F	Não disponível	0,075	Canadá
9	AV – FL	Sorbothane, algodão, com revestimento interno	0,100	E.U.A.

[FONTE: GURRAM, RAKHEJA & GOUW, 1994]

a – anti-vibração

b – sem dedos

c – completa

d – de uso geral

Segundo a NIOSH (1989), o maior problema encontra-se no desenvolvimento de materiais que promovam um adequado amortecimento da energia vibratória com mínima espessura, de forma a não reduzir a destreza necessária para manter a operação da ferramenta segura e eficiente.

A norma ISO 10819 (1996) apresenta um método para medição e avaliação da transmissibilidade das luvas em relação à vibração. Para uma luva ser considerada como “antivibratória” deve atender simultaneamente aos critérios $\overline{TR}_M < 1,0$ e $\overline{TR}_H < 0,6$ onde:

$\overline{TR}_M$ = Transmissibilidade segundo espectro de vibração (M) para frequências na faixa de 31,5Hz a 200Hz.

$\overline{TR}_H$ = Transmissibilidade segundo espectro de vibração (H) para frequências na faixa de 200Hz a 1250Hz.

A norma enfatiza ainda que, dentro do atual estado de conhecimento, as luvas não fornecem uma atenuação significativa em faixas de frequência abaixo de 150 Hz. Algumas luvas podem amplificar a vibração nessas faixas, bem como o uso de luvas pode alterar as forças de preensão alterando a transmissão da vibração para os braços, aumentando o risco de danos. Um importante propósito das luvas é manter as mãos quentes e secas podendo ajudar a limitar alguns efeitos induzidos pela vibração.

A aplicação dessa norma tem conduzido a resultados divergentes entre diferentes laboratórios de testes devido a interpretações controversas, CHRIST(1998).

Segundo pesquisa publicada por HEWITT (1998), o teste apresentado na ISO 10819 (1996) fornece procedimentos para decidir se determinada luva pode ou não ser considerada como tendo propriedades anti-vibratórias, não dá detalhes sobre as frequências que poderiam auxiliar compradores e usuários a escolher as luvas mais indicadas para determinada aplicação. Ao analisar detalhadamente a norma, observa que o teste é insatisfatório, desnecessariamente difícil de ser realizado e os resultados do mesmo não auxiliam aqueles que utilizam luvas. Propõe teste alternativo à norma, no entanto, ressalta que ambos os testes medem a performance da luva em relação à palma da mão e não em relação aos dedos. Não foi ainda

estabelecido se as luvas proporcionam níveis de proteção aos dedos similares àqueles oferecidos à palma da mão quando da utilização de um mesmo material. Outras considerações dispostas:

- a) algumas luvas correntemente disponíveis no mercado são espessas e rijas; embora tenham boas características de atenuação à vibração são pouco utilizadas, pois prejudicam severamente a destreza manual do operador;
- b) em determinadas situações algumas luvas podem aquecer demais as mãos, encorajando o usuário a removê-la. Esses aspectos parecem não ser freqüentemente levados em conta durante o projeto dessas luvas.
- c) a deterioração e possíveis rasgos nas luvas constituem problemas adicionais a serem considerados. Da mesma forma que em outros equipamentos de proteção individual (EPI), a perda do nível de proteção pode ocorrer com o envelhecimento e desgaste. O perfil de performance das luvas anti-vibratórias ao longo do tempo deve ser objeto de futuras pesquisas.

A tabela 11 apresenta os valores de proteção global assumida para quatro tipos de luvas segundo o teste alternativo proposto por HEWITT.

Tabela 11 - Valores de proteção assumidos para quatro diferentes tipos de luva

Aceleração limitada por banda [m/s²] (bandas de oitava 8Hz a 1KHz – vibração não ponderada)					
Nível de proteção global assumido					
	Nível sem proteção	Luva 2	Luva 8	Luva 19	Luva 23
Britadeira	81	103 (+ 27%)	52(-36%)	56(-31%)	25(-69%)
Motosserra	75	75 (0%)	74(-1%)	73(-3%)	64(-15%)
Lixadeira	55	55(0%)	52(-5%)	55(0%)	39(-29%)

Aceleração ponderadas em frequência [m/s²] (ponderação conforme ISO 5349)					
Nível de proteção global assumido					
	Nível sem proteção	Luva 2	Luva 8	Luva 19	Luva 23
Britadeira	8,4	8,6 (+ 2%)	8,2(-2%)	8,6(+2%)	7,9(-6%)
Motosserra	9,3	9,2 (-1%)	9,2(-1%)	9,1(-2%)	8,1(-13%)
Lixadeira	5,1	5,0(-2%)	4,9(-4%)	5,0(-2%)	4,1(-20%)

[FONTE: HEWITT, 1998]

REYNOLDS & STEIN (1998) conduziram um projeto no Centro para Tecnologia Mecânica e Sistemas Ambientais da Universidade de Nevada em Las Vegas (*CMEST*) para desenvolver um sistema de teste não dispendioso, a ser aplicado nos ensaios de transmissibilidade da vibração em luvas, a fim de avaliar os procedimentos especificados na ISO 10819. Testaram várias luvas usando o sistema de excitação desenvolvido no *CMEST*. Algumas dessas luvas também foram testadas em outros dois laboratórios europeus. Verificaram uma boa concordância entre os resultados obtidos pelos laboratórios. Concluíram que a instrumentação e procedimentos

de teste propostos pelo *CMEST* são adequados para o desenvolvimento dos testes de transmissibilidade da vibração conforme requisitos da norma ISO 10819.

As vibrações presentes nas ferramentas manuais vibratórias geralmente ocorrem em todos os eixos translacionais existindo situações em que a direção principal da vibração é paralela à palma da luva e da mão. A norma ISO 10819 não considera esse tipo de vibração. Por outro lado, incrementos nas forças aplicadas pelo operador na execução da operação e para segurar a ferramenta resultam em incrementos da vibração transmitida através das luvas à palma da mão na direção paralela a mesma, segundo PADDAN & GRIFFIN (1998).

KOTON, KOWALSKI & SZOPA (1998) investigaram a relação entre a transmissibilidade de materiais resilientes (segundo ISO/DIS 13753) e a transmissibilidade de luvas confeccionadas com esses materiais (conforme ISO 10819). Dentre 80 materiais testados, 10 obtiveram boa performance, fornecendo uma transmissibilidade à vibração menor que 0,6 na maioria das frequências entre 50 e 500 Hz. No entanto, nenhum dos protótipos de luvas confeccionados com esses 10 tipos de materiais atingiram a condição $TR_H < 0,6$ para classificação como luva anti-vibração conforme ISO 10819. Segundo os autores, é difícil encontrar relações entre a transmissibilidade de um material e a transmissibilidade de uma luva confeccionada com esse material. A resolução desse problema requer estudos adicionais.

Os parâmetros temperatura, umidade, envelhecimento, e a influência destes na performance do amortecimento de materiais resilientes aplicados em empunhaduras e luvas anti-vibração foram verificados por KAULBARS (1998). Esses parâmetros exercem efeitos distintos nos resultados obtidos em testes com materiais realizados conforme norma ISO 13753 que trata da transmissibilidade de materiais resilientes quando pressionados pelo sistema mão-braço. Conclui que a norma carece de especificações mais precisas, particularmente se houver pretensão de que os resultados de laboratório sejam transferidos para aplicações práticas.

REYNOLDS & JETZER (1998) investigaram a característica de atenuação de vários materiais resilientes utilizados em luvas. Os testes de transmissibilidade da vibração indicaram

que a maioria dos materiais viscoelásticos são inefetivos na redução da vibração transmitida às mãos. Concluíram que as luvas compostas pelos materiais Sorbothane, Viscolas e Akton virtualmente não proporcionam atenuação. Entre os materiais viscoelásticos a luva com Gelfom obteve o melhor desempenho. Considerando-se todas as luvas testadas, aquela que utiliza tecnologia com bolhas de ar obteve o melhor desempenho sendo classificada como luva anti-vibratória segundo ISO 10819. A tabela 12 apresenta os resultados da medição de transmissibilidade segundo ponderação da ISO e Linear. A figura 13 apresenta os resultados dos testes de transmissibilidade em bandas de terças de oitava para os diversos materiais.

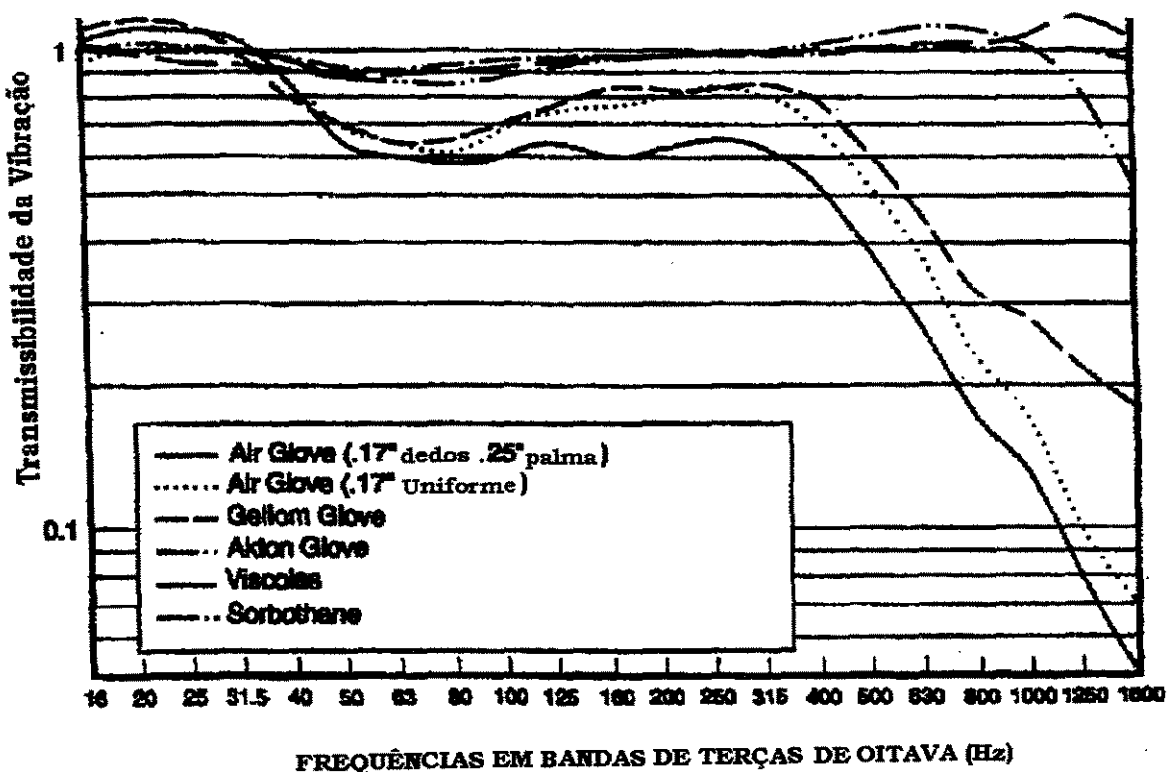


Figura 13 - Transmissibilidade em bandas de terças de oitavas

[FONTE: REYNOLDS & JETZER, 1998]

As luvas anti-vibração cuja tecnologia utiliza bolhas de ar são menos espessas, adaptáveis e flexíveis. Facilitam o controle da ferramenta, ERGOAIR (1999).

Tabela 12 - Valores de transmissibilidade da vibração: linear e ponderada

Material da Luva	Transmissibilidade	Ponderação segundo ISO 10819	Linear
Sorbothane	TR _M	0.95	0.96
	TR _H	0.99	1.00
Viscolas	TR _M	0.92	0.93
	TR _H	1.00	0.97
Akton	TR _M	0.92	0.92
	TR _H	1.00	0.89
Gelfom	TR _M	0.79	0.76
	TR _H	0.76	0.50
Air Bladder	TR _M	0.78	0.60
	TR _H	0.51	0.30

[FONTE: REYNOLDS & JETZER , 1998]

TR_M – Transmissibilidade para médias frequências.

TR_H – Transmissibilidade para altas frequências

Muitas variáveis complexas influenciam a relação causa-efeito associada à vibração transmitida às mãos: variáveis relacionadas à vibração, à exposição e ao operador. Portanto, a medição de alguns poucos valores é insuficiente na predição da magnitude dos problemas da vibração, de forma precisa. A prevenção de danos e doenças causados pela vibração transmitida às mãos, nas empresas, pressupõe a organização e educação dos grupos envolvidos: administradores, engenheiros, médicos e trabalhadores expostos, GRIFFIN (1996).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item são descritos os métodos e materiais aplicados na determinação dos níveis de vibração e ruído gerados pelas motosserras segundo ensaios normalizados, e também os procedimentos utilizados na obtenção da vibração em condições reais de exposição do operador, durante operação no campo em atividades de corte, desgalhamento e traçamento numa empresa reflorestadora de grande porte.

São confrontados os dados de vibração obtidos nos ensaios normalizados com dados medidos em situações reais de utilização das motosserras. As diferenças entre os mesmos foram analisadas considerando-se estudos correlatos disponíveis em literatura.

O tempo de exposição à vibração, importante parâmetro na análise da exposição, pode ser obtido de diversas formas. No presente trabalho foi discutido o estudo desenvolvido por TESCHKE *et al.* (1990), o qual utiliza o histórico de exposição ao ruído obtido por dosimetria como método para quantificação da duração da exposição à vibração.

A análise das recomendações de caráter geral, voltadas à prevenção e controle do risco, objeto deste trabalho, teve por base a revisão bibliográfica, sendo portanto, essencialmente dissertativa.

Para viabilização dos ensaios normalizados foi feita parceria entre a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO, do Ministério do

Trabalho e o Centro de Mecanização e Automação Agrícola (CMAA) do Instituto Agronômico de Campinas, sediado em Jundiaí, local onde foram realizados os ensaios normalizados.

4.1 Desenvolvimento de ensaios normalizados

Para a determinação dos níveis de vibração e ruído, foram aplicados os procedimentos estabelecidos pelas normas internacionais ISO 7505 (Motosserras – Medição da vibração transmitida às mãos), ISO 7182 (Acústica – Medição do ruído emitido por motosserras na posição do operador) e ISO 5349 (Guia para medição e análise da exposição humana à vibração transmitida à mão).

As medições da vibração e ruído foram realizadas com motosserras operando em três condições específicas: vazio (marcha lenta), acelerado e em corte. Para as operações de corte, foram utilizados corpos de prova constituídos de toras de madeira não secas, com forma e dimensões padronizados, fixados sobre uma estrutura de apoio, de modo a permitir posicionamento segundo especificação das normas.

Para manter as motosserras dentro das especificações e ajustes recomendados pelas normas e pelo fabricante, os técnicos que participaram dos ensaios e principalmente o operador receberam orientações e apoio de um técnico especializado, representante do fabricante das motosserras.

4.1.1 Ensaios de vibração

Para determinação dos níveis de vibração gerados pelas motosserras foi utilizada a norma ISO 7505 - Maquinário florestal – Motosserras - Medição da vibração transmitida às mãos

- primeira edição (1986), com equipamento operado manualmente. A seguir são apresentados os principais requisitos da norma considerados durante os ensaios:

- a) as acelerações foram medidas segundo três direções perpendiculares definidas X,Y,Z (figura 14);
- b) a massa total dos acelerômetros incluindo montagem menos o cabo foi inferior a 50g;
- c) indicador de frequência de rotação com exatidão de $\pm 2,5 \%$ da leitura;
- d) o acelerômetro foi montado de forma rígida na superfície vibrante (empunhadura de apoio sem cobertura) e sobre o material resiliente mediante o uso de adaptações adequadas;
- e) os corpos de prova foram apoiados em suporte apropriado de modo que seus centros ficaram a uma distância de 600 mm do solo, as suas dimensões estavam relacionadas à capacidade dos equipamentos avaliados. No item 4.1.4 são apresentadas as dimensões consideradas para cada motosserra avaliada;
- f) condições de operação da motosserras consideradas: vazio, carga e acelerado;
- g) diversas medições foram realizadas de forma a compor cinco valores para cada condição de operação;
- h) procurou-se manter a frequência de rotação do equipamento durante os ensaios dentro de uma faixa de ± 210 rpm da frequência rotacional nominal especificada para cada condição de operação. As acelerações ponderadas, *r.m.s* obtidas nas empunhaduras frontal e traseira foram medidas nas seguintes frequências rotacionais:
 - em vazio (marcha lenta) conforme recomendado pelo fabricante;
 - à máxima potência do motor conforme estabelecido pelo fabricante (em carga);
 - 133% da frequência rotacional correspondente à potência máxima do motor ou na frequência rotacional máxima estabelecida pelo fabricante, qualquer que seja; foi utilizado o menor valor (acelerado).

- i) as medições foram conduzidas em motosserras cujos lotes provinham de produção normal. O motor foi posto em operação e aquecido antes do início dos testes. Os ajustes de carburação e ignição estavam de acordo com as instruções do fabricante. A corrente foi lubrificada e os tanques preenchidos pelo menos pela metade. Foram utilizadas correntes novas e ajustadas para o melhor desempenho de corte de acordo com as recomendações do fabricante.

A aferição do sistema de medição foi realizada através do calibrador de acelerômetro Brüel & Kjaer tipo 4291.

4.1.1.1 Equipamentos e acessórios utilizados

Para determinação das acelerações segundo os eixos de coordenadas estabelecidos pela ISO 7505, foram utilizados os seguintes equipamentos e acessórios:

- medidores de vibração marca Brüel & Kjaer tipo 2513;
- acelerômetros marca Brüel & Kjaer tipo 4384, sensibilidade 1 pC/ms^{-2} ;
- acelerômetro triaxial marca Brüel & Kjaer tipo 4321;
- calibrador de acelerômetro marca Brüel & Kjaer tipo 4291;
- cabos para conexão marca Brüel & Kjaer;
- tacômetro digital modelo DET-302 da Oppama industry CO., LTD;
- cubo em alumínio com furações para fixação de acelerômetros, com abraçadeira.

4.1.1.2 Descrição da montagem dos acelerômetros

Os acelerômetros foram montados nas empunhaduras dianteiras segundo os eixos de medição e posições estabelecidos pela norma ISO 7505 (figura 14) e fixados em um cubo metálico de alumínio por meio de prisioneiros. O cubo foi fixado junto à empunhadura dianteira por meio de abraçadeira metálica (figura 15).

Para a empunhadura traseira foram utilizados dois tipos de montagem:

- a) utilização de acelerômetro triaxial tipo 4321, fixado junto à empunhadura por meio de prisioneiro, segundo os eixos de medição e posicionamento estabelecidos pela ISO 7505 (Figura 15);
- b) idem à montagem utilizada para a empunhadura dianteira.

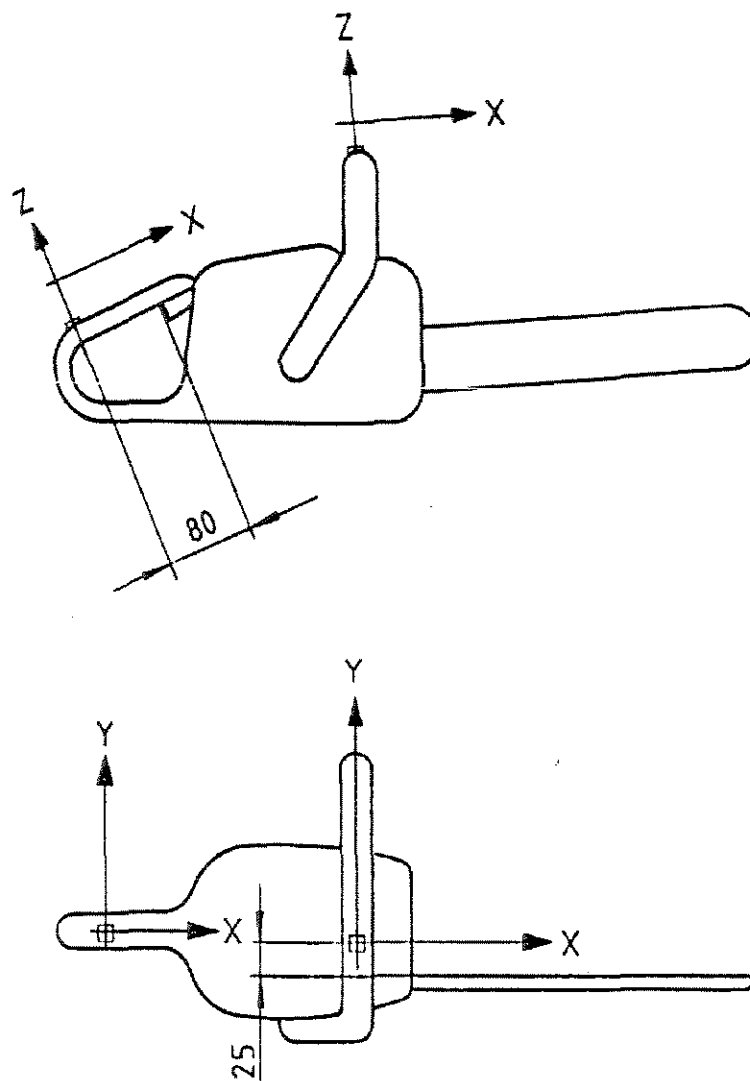


Figura 14 - Posicionamento dos acelerômetros
[FONTE: ISO 7505, 1986]

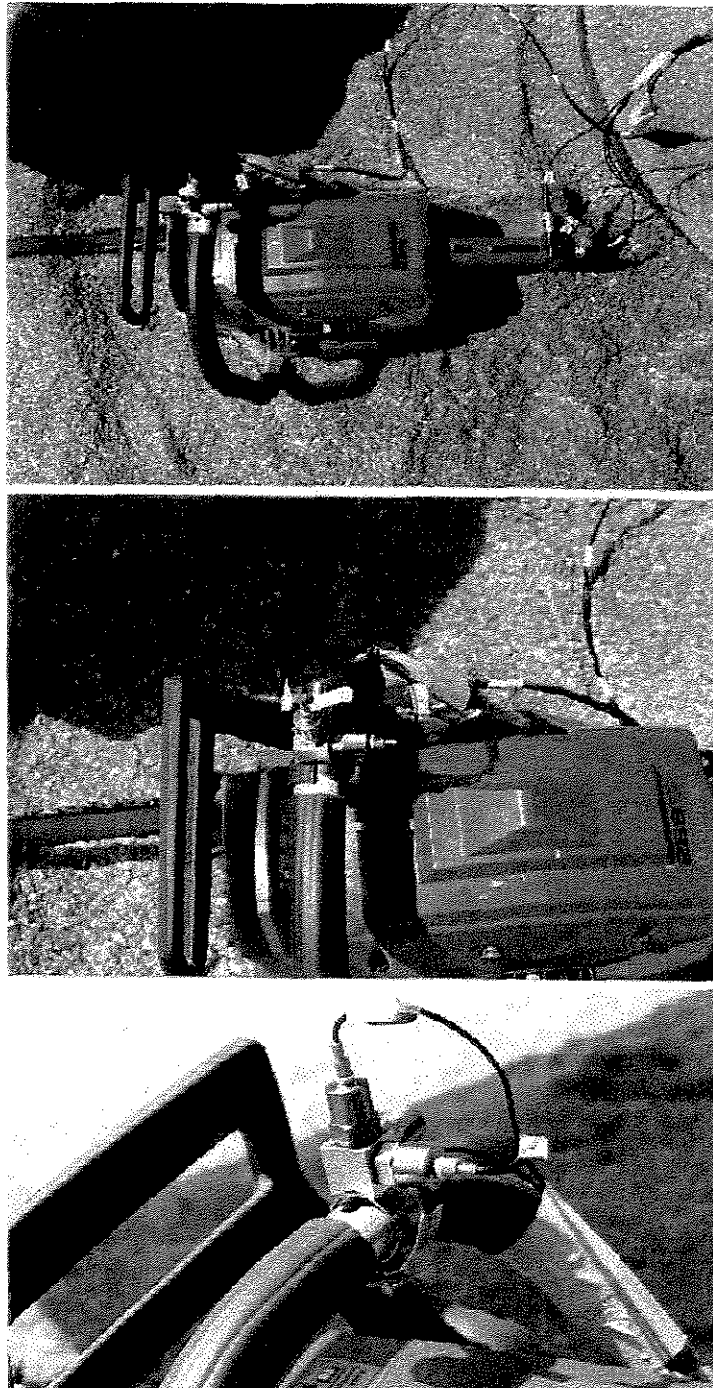


Figura 15 - Detalhes da montagem dos acelerômetros

4.1.2 Ensaio de ruído

A determinação dos níveis de ruído gerados pelas motosserras teve por base a norma ISO 7182 – 1984(E) - Acústica – Medição do ruído emitido pelas motosserras junto ao operador. A seguir são apresentados os principais requisitos da norma considerados durante os ensaios:

- a) medições realizadas em espaço aberto, com raio de pelo menos 10 m, livres de obstáculos ou, 20 m no caso da existência de grandes superfícies refletoras; afastamento de pessoas, inclusive o observador a pelo menos 2 m do operador;
- b) uso de medidor de nível pressão sonora integrador de precisão tipo 1;
- c) velocidade do ar inferior a 5,0 m/s e temperatura do ar inferior a + 30 °C;
- d) corpo de prova constituído de uma tora ou viga retangular de madeira, não seca, apoiado em suporte apropriado de forma que seu centro fique a 600 mm acima do solo, para possibilitar o corte em fatias de 50 mm. Dimensões do corpo de prova adequadas à capacidade do equipamento sob avaliação. No item 4.1.4 são apresentadas as dimensões consideradas para cada motosserra avaliada;
- e) indicador de rotação com exatidão de $\pm 2,5$ % da leitura;
- f) uso de microfone omnidirecional, de diâmetro inferior a 13 mm, posicionado a uma distância de 200 ± 20 mm para o lado, em relação ao plano central da cabeça do operador;
- g) condições de operação da motosserra: vazio, carga e acelerado;
- h) superfície do solo no local do teste com boas propriedades de absorção sonora;
- i) ruído de fundo inferior em pelo menos 10 dB em relação aos níveis medidos no teste, tanto para valores dB(A) como para valores medidos em cada banda de oitava;
- j) realização de quatro medições para cada condição de operação e média aritmética dos valores medidos.

4.1.2.1 Equipamento e acessórios utilizados

Para a determinação do níveis de pressão sonora foram utilizados os seguintes equipamentos e acessórios:

- medidor de nível de pressão sonora integrador de precisão tipo 1, marca Brüel & Kjaer modelo 2230;
- protetor de espuma Brüel & Kjaer ;
- microfone Brüel & Kjaer Tipo 4155 ;
- calibrador acústico marca Brüel & Kjaer modelo 4231;
- cabo de extensão marca Brüel & Kjaer – 0028;
- medidor THERMO - HYGRO Cehaka (CMAA);
- anemômetro – AIRFLOW – LCA 6000VT (faixa de medição – 0,25 a 30m/s).

4.1.3 Motosserras avaliadas

Para o desenvolvimento dos ensaios normalizados foram utilizados três modelos de motosserra: 288XP, 254XP e 61, fabricante Husqvarna.

4.1.4 Corpos de prova

As normas ISO 7182 e ISO 7505 especificam que o corpo de prova deve ser constituído de uma tora ou viga retangular (figuras 16 e 17) de madeira não seca, bem constituída, obtida a partir de árvore recém derrubada (madeira verde, dura), posicionada sobre um cavalete com seu centro a uma altura de 60 cm acima do nível do solo de forma a permitir o corte em fatias. O corte foi feito numa região da tora livre de nós. As dimensões e forma do corpo de prova especificadas nas normas estão relacionadas ao comprimento de corte efetivo do sabre fornecido pelo fabricante para uso normal do equipamento (tabela 13).

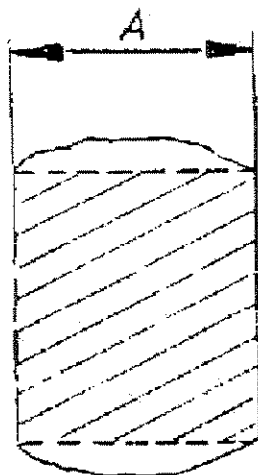


Figura 16 - Formato do corpo de prova segundo normas internacionais

[FONTE: ISO 7182 (1984) e ISO 7505 (1986)]



Figura 17 - Formato da tora utilizada nos ensaios de vibração

Tabela 13 – Dimensionamento do corpo de prova em função das características da motosserra

Modelo	Cilindrada (cm ³)	Comprimento de corte efetivo (cm)	Dimensão A* (cm)
288XP	87	68	58
61	61,5	35	24,5 a 28
254XP	54	28	19,5 a 22,5

* Conforme tabela 1 das Normas ISO 7505 (1986) e ISO 7281 (1984)

Nas avaliações foram utilizadas toras de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) recém cortadas, com cerca de um metro de comprimento, fixadas por meio de correntes ajustáveis sobre cavalete de ferro (figura 18), confeccionado para garantir apoio adequado.



Figura 18 - Fixação do corpo de prova em cavalete

Para fins de praticidade e maior aproveitamento do corpo de prova, em algumas medições foi utilizado um tronco de aproximadamente 5 metros de comprimento, cujo transporte e posicionamento de modo a manter seu centro na altura de 60 cm foi feito por meio de trator e guincho (figuras 19 e 20). Como as medições foram feitas em dias diferentes, para evitar o ressecamento do corpo de prova e um novo corte de árvore a cada medição, a tora foi mantida submersa em água e retirada da mesma um dia antes dos ensaios.

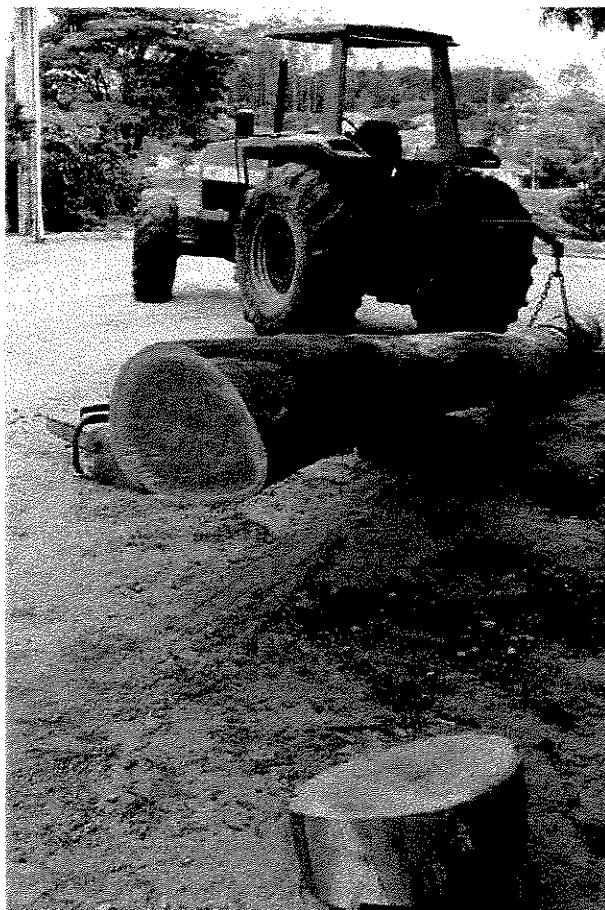


Figura 19 - Transporte do corpo de prova



Figura 20 - Posicionamento do corpo de prova e motosserra para a operação de corte

4.2 Medição da vibração em campo em condições reais de exposição do operador

Para medição da vibração em condições reais de utilização da motosserra em campo, foram observados os procedimentos estabelecidos pela norma ISO 5349 (1986), considerando-se os eixos de referência da norma ISO 7505 (1986). A avaliação foi realizada numa empresa reflorestadora de grande porte a qual utilizava a motosserra modelo 254 XP marca Husqvarna nas atividades de abate, desgalhamento ou desrama e traçamento executadas a céu aberto. O termo abate foi utilizado no lugar de corte apenas para diferenciar as condições de operação da motosserra (corte, marcha lenta ou vazio e acelerado) presentes nessas atividades.

O tipo de árvore presente no local das atividades era o *Pinus Taeda* com diâmetros variando entre 15 a 45 cm. Antes do abate, o operador limpava o solo junto à base da árvore para remoção de resíduos a fim de que os mesmos não interferissem no corte. O trabalho obedecia requisitos específicos para a garantia da segurança, objetivando a queda da árvore na direção estabelecida, para posterior arraste. O abate era executado com três cortes de serra. O primeiro, era inclinado ou direcional; o segundo, denominado inferior (posição horizontal) era executado até encontrar o término do corte direcional (formando uma cunha), após, executava-se o corte de abate. Quando necessário, era utilizada uma alavanca para auxiliar a queda da árvore. Após a queda da árvore o operador dava início ao processo de desrama, que consiste no corte dos galhos.

Para a operação de traçamento, as árvores desgalhadas eram transportadas até uma determinada área e posicionadas paralelamente ao solo onde eram cortadas em toras com comprimento aproximado de 2,5 m para serem transportadas (figura 21).

As medições foram realizadas em três motosserras (A, B, C) de uso normal da empresa as quais possuíam um tempo de utilização na faixa de 1000 a 1500 horas. As leituras correspondentes à motosserra C não puderam ser validadas sendo descartadas devido a problemas de ordem operacional.



Figura 21 - Operação de traçamento

4.2.1 Equipamentos e acessórios utilizados

Para a determinação das acelerações segundo os eixos de coordenadas (X,Y,Z) foram utilizados os seguintes equipamentos e acessórios:

- medidores de vibração marca Brüel & Kjaer tipo 2513;
- acelerômetros marca Brüel & Kjaer tipo 4384, sensibilidade de carga 1 pC/ms^{-2} ;
- acelerômetros marca Brüel & Kjaer tipo 4374 sensibilidade de carga $0,11 \text{ pC/ms}^{-2}$;
- acelerômetro triaxial marca Brüel & Kjaer Tipo 4321;
- calibrador de acelerômetro marca Brüel & Kjaer tipo 4291;
- cabos para conexão marca Brüel & Kjaer;
- abraçadeiras para fixação de acelerômetros;
- adaptador para empunhaduras modelo UA0894 marca Brüel & Kjaer.

4.2.2 Descrição da montagem dos acelerômetros

Foram utilizados dois tipos de montagem para obtenção do sinal desejado:

- para as atividades de traçamento foi utilizado o mesmo tipo de montagem utilizada nos ensaios normalizados apresentados no item 4.1.1.2;
- para as atividades de abate e desgalhamento foi utilizado um adaptador para empunhadura BRÜEL & KJAER (UA0894) que permite a fixação de dois acelerômetros miniatura (Brüel & Kjaer tipo 4374) por meio de inserções cônicas. A figura 22 apresenta a curva de resposta fornecida pelo fabricante para o adaptador utilizado na montagem.

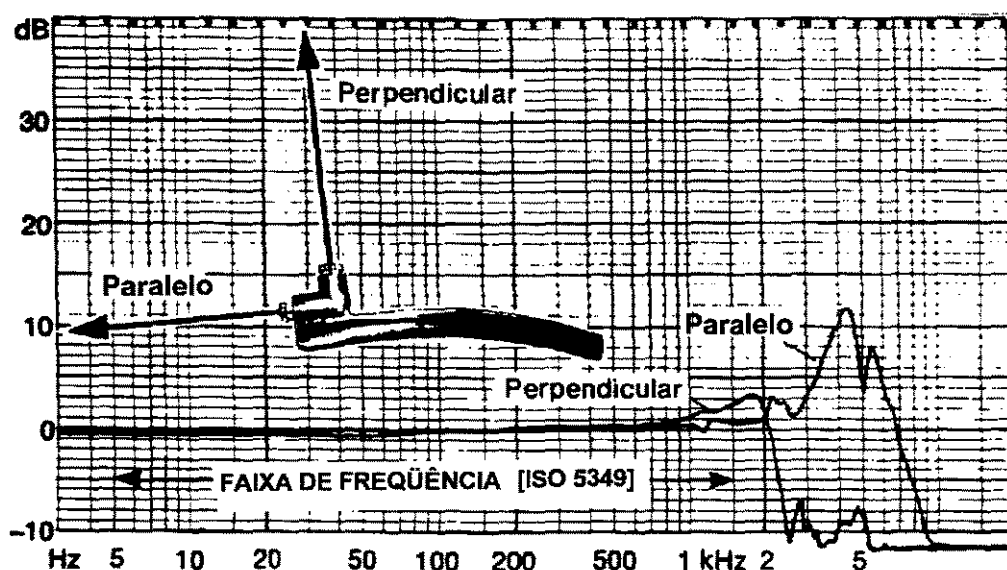


Figura 22 - Resposta em frequência típica do adaptador para empunhadura B&K- UA 0894

[FONTE: BRÜEL & KJAER, 1989]

5 RESULTADOS

5.1 Resultados da avaliação da vibração segundo ensaios normalizados

Os valores de aceleração obtidos estão apresentados nas tabelas 14, 15 e 16 conforme formato estabelecido pela ISO 7505 (1986).

O ruído elétrico medido de acordo com a ISO 7505 durante os ensaios, não excedeu o valor especificado segundo o critério da norma.

Em razão da instrumentação utilizada na medição da vibração e para fins de praticidade e minimização da possibilidade de erros de leitura, os valores foram obtidos em dB e posteriormente convertidos para as tabelas de dados em m/s^2 .

Tabela 14 - Valores de aceleração para o modelo 288XP

Cond. ⁽¹⁾	Freq. ⁽²⁾ Rot.	Aceleração ponderada, $\bar{a}_{h,w}$ (m/s ²)											
		Empunhadura dianteira						Empunhadura traseira					
		Teste						Teste					
		1	2	3	4	5	$\bar{a}_{h,w}$	1	2	3	4	5	$\bar{a}_{h,w}$
Vazio	2400	5,9	6,0	6,0	5,3	5,8	5,8	9,4	11,3	7,6	9,0	10,0	9,5
Carga	9300	4,3	4,4	4,4	4,6	4,4	4,4	5,3	4,9	4,3	4,3	4,6	4,7
Acel.	12100	6,2	6,6	5,9	6,8	6,3	6,4	8,0	7,6	8,5	8,1	7,8	8,0

(1) Condição de operação.

(2) Frequência rotacional (rpm)

Obs.:

a) as rotações consideradas na tabela 14 estão baseadas nos dados nominais de rotação fornecidos pelo fabricante:

- Marcha em vazio: 2500 rpm
- Rotação em aceleração máxima recomendada: 12500 rpm
- Potência kW/rpm: 4,5/9300

b) para a condição de operação ‘acelerado’ foi considerado o valor de rotação correspondente a 133% da rotação relativa a máxima potência = 12369 rpm

A seguir são apresentadas as acelerações compostas a partir das condições de operação em carga, vazio e acelerado da tabela 14:

• Empunhadura dianteira: $5,6 \text{ m/s}^2$

• Empunhadura traseira: $7,7 \text{ m/s}^2$

Se consideradas apenas as condições de operação em carga, vazio encontramos os seguintes valores das acelerações compostas:

• Empunhadura dianteira: $5,1 \text{ m/s}^2$

• Empunhadura traseira: $7,5 \text{ m/s}^2$

Tabela 15 - Valores de aceleração para o modelo 254XP

		Aceleração ponderada, $\bar{a}_{h,w}$ (m/s^2)											
Cond. ⁽¹⁾	Freq. ⁽²⁾ Rot.	Empunhadura dianteira						Empunhadura traseira					
		Teste						Teste					
		1	2	3	4	5	$\bar{a}_{h,w}$	1	2	3	4	5	$\bar{a}_{h,w}$
Vazio	2700	6,4	5,6	6,2	5,9	6,2	6,1	8,1	8,7	10,4	10,3	10,6	9,7
Carga	9300	3,8	2,9	3,7	3,1	3,2	3,3	10,4	8,1	10,6	8,7	10,4	9,7
Acel.	11000	2,8	2,9	3,2	3,4	3,4	3,1	3,3	3,5	3,4	3,3	3,1	3,3

(1) Condição de operação.

(2) Frequência rotacional (rpm)

Obs.:

a) as rotações consideradas na tabela 15 estão baseadas nos dados nominais de rotação fornecidos pelo fabricante:

- Marcha em vazio: 2700 rpm
- Rotação em aceleração máxima recomendada: 13500 rpm
- Potência kW/rpm: 2,9/9300

b) para a condição de operação ‘acelerado’ foi considerado o valor de rotação correspondente a 133% da rotação relativa a máxima potência = 12369 rpm

A seguir são apresentadas as acelerações compostas obtidas a partir das condições de operação em carga, vazio e acelerado da tabela 15:

- Empunhadura dianteira: 4,4 m/s²
- Empunhadura traseira: 8,1 m/s²

Tabela 16 - Valores de aceleração para o modelo 61

		Aceleração ponderada, $\bar{a}_{w,h}$ (m/s ²)											
Cond. ⁽¹⁾	Freq. ⁽²⁾ Rot.	Empunhadura dianteira						Empunhadura traseira					
		Teste						Teste					
		1	2	3	4	5	$\bar{a}_{h,w}$	1	2	3	4	5	$\bar{a}_{h,w}$
Vazio	2700	5,7	5,6	6,4	6,3	6,6	6,1	9,3	9,2	9,7	8,7	9,1	9,2
Carga	8300	4,9	6,5	5,5	6,2	5,9	5,8	10,5	11,0	9,5	12,4	11,7	11,1
Acel.	11000	4,6	5,0	5,5	5,1	5,1	5,1	5,1	5,6	5,1	5,6	6,1	5,5

(1) Condição de operação.

(2) Frequência rotacional (rpm)

Obs.:

a) as rotações consideradas na tabela 16 estão baseadas nos dados nominais de rotação fornecidos pelo fabricante:

- Marcha em vazio: 2500 rpm
- Rotação em aceleração máxima recomendada: 12000 rpm
- Potência kW/rpm: 2,9/8300

b) para a condição de operação 'acelerado' foi considerado o valor de rotação correspondente a 133% da rotação relativa a máxima potência = 11039 rpm

A seguir são apresentadas as acelerações compostas obtidas a partir das condições de operação em carga, vazio e acelerado da tabela 16:

- Empunhadura dianteira: $5,7 \text{ m/s}^2$
- Empunhadura traseira: $8,9 \text{ m/s}^2$

5.2 Resultados da avaliação dos níveis de pressão sonora segundo ensaios normalizados

A norma ISO 7182 estabelece que a faixa de variação dos níveis de pressão sonora medidos durante os testes para cada condição de operação não deve superar 3 dB. Os valores obtidos nos ensaios, apresentados nas tabelas 17, 18 e 19 no formato estabelecido pela norma, encontram-se dentro da tolerância permitida.

Tabela 17 - Resultados do ensaio de ruído para a motosserra 288 XP

Condição de operação	Rotação (rpm)	Nível de pressão sonora ponderado – dB(A)				Média aritmética
		Teste				
		1	2	3	4	
Vazio	2600	85,0	83,5	85,2	85,1	84,7
Carga	9300	105	104,8	105,1	105,4	105,1
Acelerado	12300	105,6	105,7	105,8	105,2	105,6

O nível equivalente, resultante das condições de carga e vazio (tabela 17) corresponde a 102,1 dB(A).

O nível equivalente resultante das condições de carga, vazio e acelerado (tabela 17) corresponde a 103,6 dB(A).

Tabela 18 - Resultados do ensaio de ruído para a motosserra 254 XP

Condição de operação	Rotação (rpm)	Nível de pressão sonora ponderado – dB(A)				Média aritmética
		Teste				
		1	2	3	4	
Vazio	2800	76,9	78,6	78,5	77,5	77,9
Carga	9400	98,7	98,5	97,6	97,6	98,1
Acelerado	11300	104,6	104,7	104,5	103,9	104,4

O nível equivalente resultante das condições de carga, vazio e acelerado (tabela 18) corresponde a 100,6 dB(A)

Tabela 19 - Resultados do ensaio de ruído para a motosserra 61

Condição de operação	Rotação (rpm)	Nível de pressão sonora ponderado – dB(A)				Média aritmética
		Teste				
		1	2	3	4	
Vazio	2600	75,7	76,2	76,1	76,2	76,1
Carga	8200	101	100,9	100,5	100,8	100,8
Acelerado	11000	103,2	103,7	103,3	103,5	103,4

O nível de pressão sonora equivalente resultante das condições de carga, vazio e acelerado (tabela 19) corresponde a 100,6 dB(A).

A tabela 20 apresenta os dados do ruído de fundo correspondente às duas situações mais desfavoráveis encontradas, considerando-se todas as medições realizadas nos diversos ensaios.

Tabela 20 - Ruído de fundo

Frequências centrais – Faixas 1/1 Oitava (Hz)										NPS	
31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	dB(A)	dB(Lin)
59,9	64,2	55,2	54,0	52,9	47,4	46,3	38,1	23,4	30,1	48,0	67,8
59,0	52,5	50,0	39,7	40,0	38,0	37,0	48,0	54,0	46,0	45,0	67,0

A temperatura do ar durante os ensaios manteve-se inferior a 30°C e a velocidade do ar inferior a 5m/s.

As condições ambientais durante os ensaios além de atenderem os requisitos da norma, mantiveram-se dentro dos limites especificados pelo fabricante dos equipamentos de medição.

5.3 Resultados da medição da vibração durante condições de uso normal do equipamento em campo

Na tabela 21 estão resumidos os valores das acelerações equivalentes medidas em campo, em condições normais de utilização das motosserras para as atividades e condições consideradas no estudo.

Tabela 21 - Resultados das medições realizadas em campo, em condições normais de operação com a motosserra 254 XP

Atividade/Operação	Emp. ⁽¹⁾	Aceleração (<i>r.m.s</i>)				Motosserra
		$a_{x,eq}^{(2)}$	$a_{y,eq}^{(2)}$	$a_{z,eq}^{(2)}$	$a_{xyz}^{(3)}$	
Traçamento / Corte	F	2,0	2,1	2,2	3,6	A
	T	4,3	2,6	4,3	6,6	
Traçamento / Vazio	F	4,5	2,8	3,0	6,1	
	T	4,5	5	7	9,7	
Traçamento / Acelerado ⁽⁴⁾	F	1,0	1,8	1,4	2,5	
	T	3,0	3,0	3,0	5,2	
Abate / Desgalhamento	T	4,0	3,3	3,8	6,4	B
Abate / Corte	T	4,2	3,7	4,6	7,2	
	F	2,0	2,1	2,6	3,9	
Abate / Vazio	T	3,3	3,0	4,3	6,2	

(1) F - empunhadura frontal / T - empunhadura traseira

(2) Corresponde à aceleração equivalente (*r.m.s*) calculada a partir de 5 repetições da mesma operação.

(3) Valor correspondente à aceleração resultante.

(4) Corresponde à medição efetuada com a motosserra operando próxima à rotação máxima

O tipo de árvore presente durante as operações descritas na tabela 21 era o “*Pinus Taeda*”

5.4 Dados de vibração e ruído fornecidos por fabricantes de motosserras.

As tabelas 22 e 23 apresentam os valores de vibração e ruído fornecido por fabricantes ou seus representantes para alguns modelos de motosserra. Segundos os fabricantes, esses dados foram obtidos a partir de ensaios normalizados realizados no exterior, conforme as normas internacionais vigentes já abordadas nos capítulos anteriores.

Tabela 22 - Valores de aceleração fornecidos por revendedores e/ou fabricantes de equipamentos *

Fabricante	Modelo	Vibração em m/s^2							
		Empunhadura dianteira				Empunhadura traseira			
		Condição de operação			$a_{h,w}^{(c)}$	Condição de operação			$a_{h,w}^{(c)}$
		Vazio	Carga	Acel.		Vazio	Carga	Acel.	
HUSQVARVA	51 ^(b)	—	—	—	4	—	—	—	7
	61 ^(a)	—	—	—	4,7	—	—	—	7,6
	61 ^(b)	—	—	—	5	—	—	—	6
	254 ^(a)	—	—	—	3,0	—	—	—	4,9
	254 ^(b)	—	—	—	5	—	—	—	6
	257 ^(a)	—	—	—	3,5	—	—	—	5,8
	268 ^(a)	—	—	—	4,4	—	—	—	6,1
	281 ^(a)	—	—	—	7,2	—	—	—	7,3
	288 ^(a)	—	—	—	6,2	—	—	—	8,0
	288 ^(b)	—	—	—	7	—	—	—	9
STIHL	08S ^(b)	—	—	—	13,7	—	—	—	20,2
	034 ^(b)	—	—	—	7,3	—	—	—	9,6
	038 ^(b)	—	—	—	4,0	—	—	—	8,3
	051 ^(b)	—	—	—	5,4	—	—	—	11,9
	076 ^(b)	—	—	—	6,0	—	—	—	14,9
JONSERED	625 ^(b)	3,7	3,1	1,5	—	6,0	8,8	8,3	—
	2054 ^(b)	2,0	2,8	2,7	—	2,3	5,0	2,8	—

*Esta tabela foi extraída de informações fornecidas por fabricantes e revendedores, os valores apresentados sujeitam-se a eventuais alterações ou modificações ocorridas, uma vez que referem-se a dados obtidos em 1994.

(a) Valores obtidos a partir das especificações técnicas dos manuais de instrução das motosserras, fornecido pelo fabricante.

(b) Valores fornecidos pelo fabricante ou representantes técnicos.

(c) Dados da aceleração equivalente, composta a partir das condições em vazio, carga e acelerado.

Tabela 23 - Níveis de ruído fornecidos por revendedores e/ou fabricantes de equipamentos *

Fabricante	Modelo	Nível de pressão sonora dB(A)			
		Condição de operação			Leq ^(c)
		Vazio	Carga	Acel.	dB(A)
HUSQVARVA	51 ^(b)	—	—	—	98
	61 ^(a)	—	—	—	101
	61 ^(b)	—	—	—	102
	254 ^(a)	—	—	—	100
	254 ^(b)	—	—	—	101
	257 ^(a)	—	—	—	99,5
	268 ^(a)	—	—	—	102
	281 ^(a)	—	—	—	101
	288 ^(a)	—	—	—	100
	288 ^(b)	—	—	—	104
STIHL	08S ^(b)	85	103	105	—
	034 ^(b)	82	101	106	—
	038 ^(b)	82	103	104	—
	051 ^(b)	85	107	108	—
	076 ^(b)	83	104	108	—
JONSERED	625 ^(b)	76,0	102,0	105,0	—
	2054 ^(b)	74,9	101,1	100,0	—

*Esta tabela foi extraída de informações fornecidas por fabricantes e revendedores, os valores apresentados sujeitam-se a eventuais alterações ou modificações ocorridas, uma vez que, referem-se a dados obtidos em 1994.

(a) Valores obtidos a partir das especificações técnicas do manuais de instrução das motosserras, fornecido pelo fabricante.

(b) Valores fornecidos pelo fabricante ou representantes técnicos.

(c) Nível equivalente, obtido a partir das condições em vazio, carga e acelerado.

6 DISCUSSÃO

6.1 Resultados obtidos nos ensaios normalizados e em campo

Comparando-se as acelerações exequíveis ($12,5 \text{ m.s}^{-2}$ ou $15,0 \text{ m.s}^{-2}$ de acordo com a capacidade da motosserra), segundo a Norma Européia EN 608 (1994), apresentadas na tabela 3, em relação às acelerações obtidas nas tabelas 14, 15, 16 e 22, resumidas na tabela 24, verifica-se que estas últimas, em razão da tecnologia disponível, são de modo geral substancialmente inferiores àquelas da tabela 3. Obviamente excetuam-se desse contexto alguns modelos de motosserras que não dispõem de dispositivos anti-vibração, considerados obsoletos do ponto de vista da segurança.

Tabela 24 – Aceleração resultante nas empunhaduras frontal (F) e traseira (T) para alguns modelos de motosserra

FABRICANTE/ MODELO	HUSQVARVA						JONSERED			
	288XP		254XP		61		625		2054	
	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
VAZIO	5,8	9,5	6,1	9,7	6,1	9,2	3,7	6,0	2,0	2,3
CARGA	4,4	4,7	3,3	9,7	5,8	11,1	3,1	8,8	2,8	5,0
ACELERADO	6,4	8,0	3,1	3,3	5,1	5,5	1,5	8,3	2,7	2,8

Segundo pesquisas realizadas, algumas das quais abordadas na revisão bibliográfica, podem ser encontradas diferenças entre os resultados de aceleração medidos por diferentes laboratórios para um mesmo modelo de ferramenta. No caso das motosserras dentre os vários parâmetros que possibilitam a ocorrência dessas diferenças são citados: o tipo de instrumentação de medição utilizada, o estado de afiação da corrente, a rotação do motor, características do corpo de prova utilizado, a posição da motosserra em relação ao corpo de prova, as diferenças entre os operadores quanto às forças de prensão aplicadas para segurar a ferramenta e demais forças aplicadas na execução da tarefa.

Com o objetivo de manter as motosserras dentro das especificações e ajustes recomendados foram obtidas orientações por parte de um técnico especializado (representante do fabricante das motosserras) durante o início da execução dos ensaios normalizados. No entanto, como o objeto das medições não era determinar valores para especificação ou rotulação do produto, o técnico da empresa não foi solicitado durante as realizações dos ensaios.

No decorrer dos ensaios verificou-se que durante algumas avaliações relativas à motosserra modelo 254XP não foi atingida a rotação desejada (~12369 rpm) para a condição de operação acelerado (tabela 15), no entanto, para fins de discussão, os dados medidos nesta condição foram mantidos. Considerando-se a rotação máxima atingida pelos equipamentos, são esperadas pequenas variações em relação às especificações de fábrica entre motosserras do mesmo modelo, que se somam àquelas resultantes das regulagens e ajustes realizados no equipamento e de possíveis variações devidas à qualidade do combustível utilizado. Tais aspectos foram evidenciados durante a realização de alguns dos ensaios normalizados com a motosserra 254XP, uma vez que nem sempre foi possível mantê-la dentro das condições ideais. Como o principal objetivo dos ensaios era identificar as dificuldades operacionais na aplicação das normas internacionais, os dados obtidos nos testes não devem ser tratados como absolutos.

Além de certas dificuldades encontradas em relação a ajustes na motosserra e afiação da corrente, é conveniente destacar a habilidade e atenção necessárias ao operador no controle da ferramenta, principalmente durante as operações de corte onde foram realizadas repetições a fim de garantir que as leituras fossem tomadas no terço médio do corpo de prova, de forma a manter

as posturas e rotação da motosserra dentro das tolerâncias especificadas para os ensaios. Tal habilidade provém da experiência adquirida com a utilização do equipamento ao longo do tempo.

A realização de ensaios normalizados para fins de especificação/rotulação dos equipamentos requer suporte técnico permanente de profissional especializado no produto a fim de garantir que os equipamentos ensaiados estejam dentro das condições especificadas pelo fabricante e pelas normas.

A tabela 25 formulada a partir dos dados dos ensaios realizados, dos dados do fabricante e das avaliações em campo, apresenta as acelerações compostas e o ruído, obtidos a partir das condições de operação em carga, vazio e acelerado das motosserras 288XP, 61 e 254XP. Para o modelo 288XP as acelerações compostas obtidas a partir dos ensaios normalizados foram inferiores aos valores contidos no manual de instrução do fabricante, no entanto, para os modelos 61 e 254XP, os valores obtidos foram superiores.

Tabela 24 – Acelerações compostas e ruído gerados pelas motosserras 288 XP, 61 e 254XP obtidos a partir das condições em vazio, carga e acelerado.

Modelo da motosserra	Dados de ensaio		Dados do fabricante ⁽¹⁾		Dados de campo ⁽²⁾	
			Aceleração (m/s ²)			
	Frontal	Traseiro	Frontal	Traseiro	Frontal	Traseiro
288XP	5,1	7,5	6,2	8,0	----	----
61	5,7	8,9	4,7	7,6	----	----
254XP	4,4	8,1	3,0	4,9	4,3	7,4
Níveis de pressão sonora [dB (A)]						
288XP	102,1		100		----	
61	100,6		101		----	
254XP	100,6		100		----	

(1) Dados obtidos a partir das especificações técnicas contidas no manual de instruções das motosserras

(2) Dados obtidos durante operação de traçamento

Segundo estudos apresentados na revisão bibliográfica, a vibração gerada pelas motosserras pode aumentar consideravelmente (até 10 dB) na medida em que aumenta o seu tempo de uso. São citados como fatores contribuintes para esse aumento: a queda de desempenho dos isoladores de vibração, a velocidade de rotação, a afiação da corrente, a deterioração/desgaste ocorridos com o tempo de uso, as condições de manutenção do equipamento ao longo de sua vida útil e os métodos de trabalho aplicados.

Em relação ao desempenho dos isoladores de vibração citado no parágrafo anterior, as deformidades e rachaduras são indicativos da necessidade de substituição dos dispositivos anti-vibratórios, uma vez que os mesmos estão sujeitos ao desgaste e envelhecimento. Durante as avaliações em campo, observou-se que em algumas situações havia o contato desses dispositivos com combustível utilizado na motosserra, principalmente durante as operações de abastecimento do equipamento.

Apesar das condições relativas aos ensaios normalizados não representarem exatamente as situações e condições encontradas nas situações reais de exposição, as diferenças verificadas entre as acelerações obtidas em campo relativas à motosserra 254 XP durante a exposição do operador para as operações de traçamento e abate, não apresentaram diferenças significativas em relação aos dados obtidos nos ensaios normalizados e aqueles fornecidos pelo fabricante, conforme pode ser observado pelas acelerações compostas apresentadas na tabela 25 e pela comparação dos dados apresentados nas tabelas 22 e 15.

É interessante observar que a empresa considerada no estudo dispunha de uma estrutura com pessoal técnico e recursos materiais que permitiam uma boa manutenção em todas as motosserras utilizadas, o que propiciava um controle individual e efetivo de cada equipamento, conforme constatado em campo e pelo registro do histórico de manutenção dos mesmos. Os operadores avaliados eram motosserristas experientes e treinados no manuseio do equipamento, efetuavam os abastecimentos, ajustes, afiação da corrente e pequenos reparos nas motosserras. Eram, portanto, capazes de identificar as condições do equipamento, seu desempenho e as necessidades de manutenção. Convém ressaltar que as condições encontradas na empresa

avaliada não refletem a condição de outras empresas, principalmente a exposição de outros operadores de motosserra que não dispõem de tal estrutura, treinamento e recursos mínimos necessários.

Embora o número de medições realizadas em campo seja insuficiente (estatisticamente) para caracterizar a condição de todas as motosserras da empresa considerada neste estudo, os resultados obtidos e as condições verificadas em campo quanto à condição dos operadores e equipamentos, fornecem indicativos de que uma manutenção adequada aplicada às motosserras aliada ao treinamento e experiência do operador possibilita que os níveis de vibração gerados fiquem próximos aqueles obtidos nos ensaios normalizados com motosserras novas.

Os fatores que contribuem diretamente para as variações nos níveis de vibração gerados pelas motosserras citados nos parágrafos anteriores, não influenciam na mesma intensidade os níveis de ruído gerado pelo equipamento, ou seja, pequenas variações nesses fatores não são detectados pelo medidor de nível de pressão sonora, embora causem variações sensíveis nas acelerações medidas junto às empunhaduras.

A realização dos ensaios de vibração e ruído requer alguns cuidados quanto à segurança do operador e demais membros da equipe de trabalho. Em razão da proximidade entre o sabre da motosserra e demais técnicos que participam da avaliação, principalmente durante a medição dos níveis de vibração, deve-se estabelecer boa comunicação e sinalização entre os envolvidos a fim de evitar acidentes devido à operação e movimentação das motosserras, garantindo-se raios de ação seguros. É necessária por parte do operador a utilização de equipamentos de proteção individual (calça com proteção anti-serra, capacete, protetor auditivo, óculos ou viseira de proteção, botas com proteção anti-serra, biqueira de aço e solado anti-derrapante). Deve também ser avaliada a necessidade de proteção dos demais membros da equipe de trabalho, no que tange ao ruído e proteção ocular.

A norma ISO 7505 (1986) cita que se encontra em desenvolvimento um dispositivo mecânico para fixação do equipamento durante a realização dos ensaios em substituição ao operador. Em decorrência das dificuldades e limitações operacionais verificados quando o ensaio

é desenvolvido por meio de um operador, a confecção de um dispositivo mecânico para os testes deve ser considerada como uma alternativa importante, a fim de eliminar certas variáveis relacionadas à operação manual.

6.2 Quantificação da duração da exposição à vibração por meio da utilização do histórico de exposição ao ruído

A pesquisa realizada por TESCHKE *et al.* (1990) visando a quantificação da duração da exposição à vibração, mostrou que o histórico de exposição ao ruído pode ser usado para estimar a duração dos três diferentes modos de operação das motosserras. Ao aplicar o método em 13 operadores de motosserra que trabalhavam em condições similares, os autores encontraram variações significativas nos tempos totais de exposição diária à vibração; de 92 minutos (~1,5h) a 258 minutos (~4,5h) conforme pode ser verificado pela figura 23, elaborada a partir da somatória dos tempos de exposição em vazio e em corte encontrados pelos autores (tabela 9).

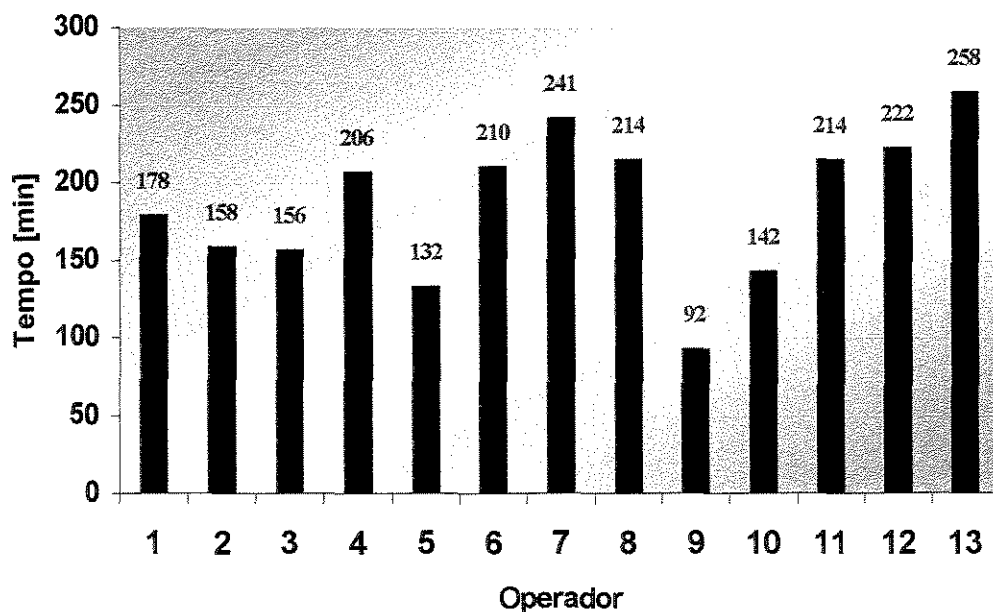


Figura 23 - Estimativa da duração da exposição obtida a partir dos dados da tabela 9
[Valor médio = 186,4, desvio padrão = 46,0]

Para quantificação da duração da exposição à vibração, TESCHKE *et al.* (1990) utilizaram dosímetros com ponderação segundo a curva A pelo fato de que tal curva era freqüente nos dosímetros fabricados naquela ocasião. Como as freqüências dominantes no ruído emitido pelas motosserras em vazio e em corte estavam na faixa de 1000 Hz, a atenuação oferecida pela curva A não prejudicou a diferenciação entre os modos de operação das motosserras.

Atualmente é comum encontrarmos no mercado dosímetros que disponibilizam ponderação segundo as curvas A e C permitindo inclusive integração simultânea e independente do ruído para as duas curvas. Como a curva de ponderação C se aproxima da resposta linear conforme pode ser observado pelos dados apresentados no anexo 3, os dosímetros com integração em C poderiam ser utilizados na quantificação da duração da vibração de operações com ferramentas manuais vibratórias, cujas freqüências dominantes não estejam na faixa dos 1000 Hz. A ponderação em C, propicia menor atenuação das baixas freqüências em relação a curva A, o que teoricamente poderia possibilitar uma melhor identificação de ruídos com predominância nessas faixas de freqüências.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 A importância e aplicação do histórico de exposição ao ruído na quantificação da duração da exposição à vibração em mãos e braços

A documentação da exposição diária à vibração em mãos e braços e sua variabilidade são importantes, na medida em que diferenças na duração da exposição diária média podem ser indicativos de diferenças na prevalência e severidade dos sintomas da síndrome da vibração. A quantificação da duração da exposição à vibração por meio do histórico de exposição ao ruído constitui um método prático e interessante a ser utilizado na obtenção de dados que propiciam um refinamento nas estimativas dose-resposta para síndrome da vibração e para monitorar o controle administrativo dos tempos de exposição dos trabalhadores.

O ruído gerado por determinadas atividades ou operações com ferramentas manuais motorizadas podem apresentar espectros de frequências, níveis e durações característicos (“assinaturas”), os quais dentro de determinados limites podem ser identificados por meio da utilização de medidores integradores portados por trabalhadores (por ex. os dosímetros de ruído). Os estudos para quantificação da duração da exposição à vibração por meio do histórico de exposição ao ruído aplicados na determinação dos tempos de exposição à vibração de operadores de motosserras demonstraram o potencial do método. É importante observar que os dosímetros utilizados nas pesquisas realizadas por TESCHKE *et al.* (1990) dispunham apenas de ponderação segundo a curva A. A aplicação e o potencial desse método podem ser incrementados na medida em que:

- o mercado atual possibilita a aquisição de dosímetros que podem fornecer o registro do histórico de exposição ao ruído segundo as ponderações em A e C simultaneamente, o que deve em tese, possibilitar uma melhor identificação e diferenciação entre as operações realizadas e o ruído de fundo, inclusive para outros tipos de ferramentas manuais vibratórias;
- o desenvolvimento de novos equipamentos com recursos de software cada vez mais poderosos tem sido uma constante. Pesquisas vêm sendo direcionadas, dentre outros aspectos, à identificação de fontes de ruído. A disponibilização de tais equipamentos é uma questão de tempo. Se hoje é possível quantificar a duração da exposição à vibração por meio do histórico de exposição ao ruído para algumas situações, equipamentos com recursos mais sofisticados permitirão a identificação e quantificação de certas fontes e/ou operações não distinguidas pelos dosímetros disponíveis atualmente.

Como sugestão na continuidade deste trabalho poderiam ser exploradas as implicações e contribuições das dosimetrias de ruído realizadas segundo as ponderações nas curvas C e A simultaneamente na quantificação da duração da exposição à vibração, incluindo-se sua extensão e aplicação para outros tipos de ferramentas manuais vibratórias.

7.2 Níveis de vibração e ruído fornecidos por fabricantes de ferramentas manuais vibratórias

Segundo a Norma Regulamentadora NR-12 que trata das questões de segurança em máquinas e equipamentos, os fabricantes e importadores de motosserras instalados no país têm a obrigatoriedade de apresentar nos catálogos e manuais de instrução de todos os modelos de motosserras os seus níveis de ruído e vibração e a metodologia aplicada na obtenção desses valores. No entanto, existem normas internacionais que disponibilizam métodos de ensaio de vibração para outros tipos de ferramentas. Esforços hão de ser empreendidos pelo governo, seja por meio de novas negociações tripartites ou outros mecanismos a fim de estender essa

obrigatoriedade para outros tipos de ferramentas manuais motorizadas, gerando dessa forma estímulos e competição entre fabricantes para redução dos níveis gerados, bem como, despertar maior interesse nas questões relacionadas à exposição ocupacional às vibrações pelos fabricantes, empresas, usuários e incentivando laboratórios ou instituições para realização de ensaios voltados à determinação da vibração e ruído, os quais deverão fazer parte da especificação desses equipamentos.

Esses níveis além de permitir aos usuários a comparação e seleção de equipamentos que produzem níveis menores de vibração e ruído dentre os diversos fabricantes e modelos disponíveis no mercado, poderiam fornecer subsídios para estimativa da exposição ocupacional dos operadores à vibração. No caso das motosserras, para que esses dados possam ser aplicados na estimativa e controle da exposição dos operadores é necessário que:

- além de um monitoramento periódico da vibração gerada pelas motosserras durante a sua vida útil, seja aplicado ao equipamento um processo de manutenção adequado e contínuo que inclua a substituição de componentes desgastados ou deficientes (dispositivos anti-vibratórios, corrente, etc.) aliado ao treinamento e reciclagem do operador, a fim de possibilitar que os níveis de vibração gerados fiquem próximos àqueles obtidos nos ensaios normalizados realizados com motosserras novas.
- sejam incluídos nos respectivos manuais de instrução das motosserras, as acelerações obtidas distintamente para as condições em vazio, carga e acelerado das empunhaduras frontal e traseira. Via de regra os dados normalmente apresentados pelos fabricantes correspondem aos valores da aceleração composta a partir dessas três condições de operação.

7.3 A prevenção e o controle do risco

Os limites de exposição existentes para diversos agentes físicos e químicos presentes nos ambientes de trabalho não devem ser considerados como parâmetros de referência seguros para proteção de trabalhadores expostos. No caso das vibrações, existem controvérsias quanto à curva de ponderação adotada pela ISO (1986), e questionamentos quanto à confiabilidade dos dados de exposição e dados epidemiológicos originais utilizados na elaboração do modelo de predição dos tempos de latência. A ACGIH considera que os seus limites de exposição para vibração em mãos e braços devem ser utilizados como guia no controle da exposição, mas devido às variações de susceptibilidade individual não devem ser assumidos como linha divisória entre níveis seguros e perigosos.

Na medida em que a definição de um limite de exposição razoável é ainda uma tarefa difícil, a proposição de um nível de ação pode ser uma solução interessante. Exposições acima do nível de ação não são necessariamente perigosas ou proibidas. Um nível de ação implica na definição de procedimentos de medição e na aplicação de medidas preventivas quando o mesmo for superado. As colocações anteriores feitas por GRIFFIN (1996), nos parecem bastante oportunas, pois, vão de encontro aos dispositivos legais já existentes na Legislação Brasileira. A Norma Regulamentadora NR-9 no seu item 9.3.6 define nível de ação como o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas, dentre as quais estão incluídos o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico. Também estabelece que as situações de exposição ocupacional acima dos níveis de ação são objeto de controle sistemático. Neste sentido, sugerimos a inclusão de um nível de ação da ordem de $2,5 \text{ m/s}^2$ (aceleração ponderada, eficaz em oito horas) para vibração em mãos e braços, conforme Diretiva Européia, adicionalmente aos níveis de ação estabelecidos para agentes químicos e o ruído especificados no item 9.3.6.2 da norma. Apenas acrescentaríamos a importância de uma vigilância à saúde voltada à síndrome da vibração para todos os trabalhadores expostos acima desse nível de ação.

A habilidade de um operador treinado, com conhecimento e experiência no uso do equipamento constitui um dos importantes aspectos para redução da exposição principalmente em

termos da vibração recebida. No caso das motosserras, a produção obtida pela operação de corte depende de um ajuste adequado do equipamento, principalmente da afiação da corrente. A prevenção e controle dos riscos devidos à exposição ocupacional às vibrações em mãos e braços requer a adoção de um conjunto de medidas de caráter multidisciplinar. Os componentes considerados na estruturação e desenvolvimento de um Programa de Prevenção da Síndrome da Vibração em mãos e braços (PPSV) são similares a outros programas de prevenção como por exemplo os Programas de Prevenção de Perdas Auditivas (PPPA).

Dentre as possíveis medidas preventivas para controle do risco abordadas no item 3.6 da revisão bibliográfica, foi dedicado um item específico sobre luvas anti-vibratórias (3.6.1) com o intuito de chamar a atenção quanto aos cuidados a serem observados na aplicação desse tipo de EPI, face às restrições e implicações apontadas pelos diversos estudos considerados, principalmente porque a divulgação e venda desse tipo de luva vem se tornando freqüente no nosso meio, bem como, novas tecnologias vêm sendo empregadas na sua fabricação. A utilização de luvas para reduzir a vibração transmitida às mãos dos operadores, requer no mínimo uma verificação preliminar da atenuação oferecida em relação as características da vibração gerada pela ferramenta nas situações típicas de operação.

Medidas administrativas são necessárias para estabelecer procedimentos nos âmbitos técnico e médico e para garantir que os trabalhadores sejam adequadamente informados sobre os riscos decorrentes da exposição e os meios para minimizar seus efeitos. As medidas para prevenção da síndrome da vibração em mãos e braços devem fazer parte de programas mais amplos de gestão da saúde e segurança desenvolvidos no âmbito das empresas.

Finalizando, elaboramos guia de orientação dos principais componentes e cuidados inerentes à estruturação e desenvolvimento de um Programa de Prevenção da Síndrome da Vibração. Para melhor disposição da matéria, remetemos este guia ao anexo 4. O texto foi formulado a partir da tradução e adaptação de referências bibliográficas citadas no final do mencionado anexo.

ANEXOS

ANEXO 1

Filtro de ponderação em frequência para medição da vibração em mãos e braços, conforme ISO 5349 (1986)

**Filtro de ponderação em frequência para medição da vibração em
mãos e braços**

Frequência (Hz)	Ganho nominal (dB)
6,3	0
8,0	0
10,0	0
12,5	0
16	0
20	-2
25	-4
31,5	-6
40	-8
50	-10
63	-12
80	-14
100	-16
125	-18
160	-20
200	-22
250	-24
315	-26
400	-28
500	-30
630	-32
800	-34
1000	-36
1250	-38

ANEXO 2

Valores de K_j para conversão das medições em bandas de oitava e terças de oitava para medições ponderadas, conforme ISO 5349 (1986)

**Valores de K_j para conversão das medições em bandas de oitava e
terças de oitava para medições ponderadas**

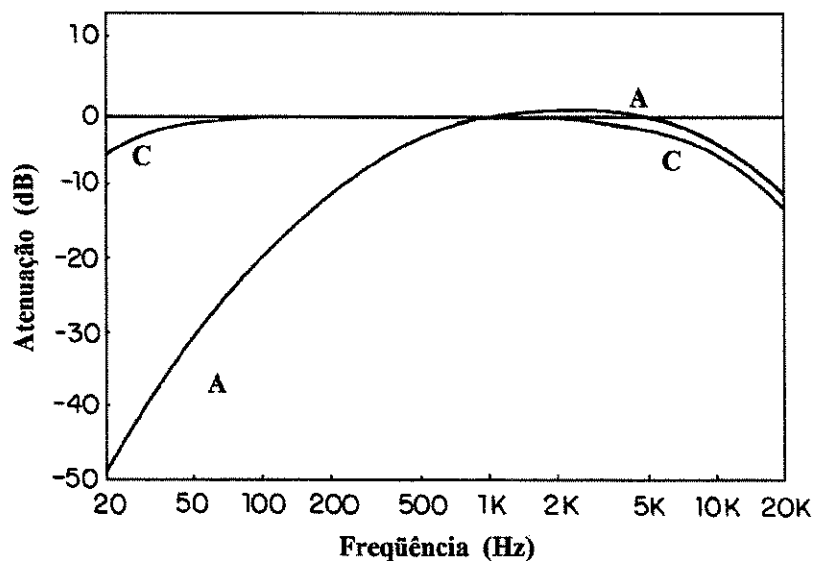
Frequência Hz	Fator de ponderação K_j
6,3	1,0
8,0*	1,0
10,0	1,0
12,5	1,0
16*	1,0
20	0,8
25	0,63
31,5*	0,5
40	0,4
50	0,3
63*	0,25
80	0,2
100	0,16
125*	0,125
160	0,1
200	0,08
250*	0,063
315	0,05
400	0,04
500*	0,03
630	0,025
800	0,02
1000*	0,016
1250	0,0125

* Valores correspondentes às frequências centrais para bandas de oitava

ANEXO 3

Curvas de compensação A e C

Curvas de compensação A e C



Frequência (Hz)	Curva A dB(A)	Curva C dB(C)	Frequência (Hz)	Curva A dB(A)	Curva C dB(C)
10	-70,4	-14,3	500	-3,2	+0,0
12,5	-63,4	-25,6	630	-1,9	+0,0
16	-56,7	-8,5	800	-0,8	+0,0
20	-50,5	-6,2	1000	+0,0	+0,0
25	-44,7	-4,4	1250	+0,6	+0,0
31,5	-39,4	-3,0	1600	+1,0	-0,1
40	-34,6	-2,0	2000	+1,2	-0,2
50	-30,2	-1,3	2500	+1,3	-0,3
63	-26,2	-0,8	3150	+1,2	-0,5
80	-22,5	-0,5	4000	+1,0	-0,8
100	-19,1	-0,3	5000	+0,5	-1,3
125	-16,1	-0,2	6300	-0,1	-2,0
160	-13,4	-0,1	8000	-1,1	-3,0
200	-10,9	+0,0	10000	-2,5	-4,4
250	-8,9	+0,0	12500	-4,3	-6,2
315	-6,6	+0,0	16000	-6,6	-8,5
400	-4,8	+0,0	20000	-9,3	-11,2

FONTE: Modificado de GERGES, (1992)

ANEXO 4

Prevenção da síndrome da vibração em mãos e braços

PREVENÇÃO DA SÍNDROME DA VIBRAÇÃO EM MÃOS E BRAÇOS

O texto apresentado a seguir foi elaborado a partir da tradução e adaptação das referências bibliográficas citadas no final deste anexo.

AUDITORIA INICIAL E PERIÓDICA

Antes da implantação de qualquer programa preventivo ou de qualquer mudança em programas existentes é recomendável a condução de uma auditoria inicial, a qual servirá de base para se estabelecer um panorama inicial da situação e para avaliação da efetividade e melhoria de medidas propostas.

As seguintes questões devem ser consideradas na auditoria:

- exame de questões administrativas tais como:
 - respostas da empresa aos regulamentos de saúde e segurança;
 - políticas voltadas à promoção de boas práticas de saúde e segurança;
 - alocação de recursos suficientes para condução do programa;
 - status do gerenciador /implementador do programa dentro da companhia.
- avaliação das medidas de controle de engenharia e administrativas existentes;
- avaliação crítica das ações voltadas ao monitoramento das exposições à vibração e a condução de exames destinados à identificação da HAVS;

- observância das medidas voltadas à capacitação de gerentes, supervisores e trabalhadores, sucessos e falhas encontrados em programas de treinamento anteriores fornecerão subsídios para melhorias;
- constatada a existência de condições de exposição/risco relevantes, deve ser observada a suficiência das medidas de controle de engenharia e administrativas. Ênfase deve ser dada às medidas voltadas ao controle médico e capacitação dos atores envolvidos;
- os registros de todas as ações geradas pelo programa e sua manutenção devem ser inspecionados cuidadosamente uma vez que são importantes para seu sucesso.

A periodicidade da auditoria do programa está relacionada às condições de exposição e à efetividade das ações de controle aplicadas.

MONITORAMENTO DA EXPOSIÇÃO

A determinação dos níveis de vibração é necessária para atender vários objetivos dentre os quais:

- Avaliação do grau de risco a que os trabalhadores estão submetidos;
- Avaliação das condições da ferramenta utilizada, ou seja, verificação da manutenção dos níveis típicos de vibração gerados pelo equipamento, possível deterioração de componentes anti-vibratórios e/ou demais dispositivos que possam implicar no aumento da vibração;
- Avaliação de medidas de controle porventura introduzidas na ferramenta ou processo.

CONTROLE MÉDICO

O monitoramento médico de trabalhadores que utilizam ferramentas vibratórias é extremamente importante na prevenção e controle da HAVS. As medidas de ordem médica devem considerar:

a) análise prévia de trabalhadores que irão utilizar equipamentos vibratórios, para identificar:

- a existência de quaisquer condições que predisponham aos efeitos da vibração;
- trabalhadores com *HAVS* devido a exposições anteriores;
- trabalhadores que tenham a doença primária de Raynaud;
- trabalhadores que tenham outras desordens com sinais ou sintomas similares à *HAVS* como por exemplo doenças vasculares periféricas ou neurológicas;
- um banco de dados que possibilite comparações com exames e/ou avaliações subsequentes.

Trabalhadores com as seguintes condições médicas devem ser cuidadosamente avaliados antes de usarem equipamentos vibratórios:

- doença primária de Raynaud,
- doença que cause prejuízo da circulação sangüínea às mãos,
- doenças anteriores da mão que causem problemas a nível circulatório ou deformidade dos ossos e juntas,
- outras causas do fenômeno secundário de Raynaud,
- desordens do sistema nervoso periférico;

A avaliação médica segundo a NIOSH (1989), deve incluir testes ou questões para identificar no mínimo:

- a condição neural periférica - dor , temperatura, discriminação de dois pontos, percepção de profundidade, nível de sensibilidade vibrotátil;
- a condição vascular periférica - resposta do fluxo sanguíneo ao frio e teste de provocação ao frio, antes durante e depois de pletismografia conduzida em condições padronizadas;
- a presença da síndrome do túnel do carpo ou outras desordens de traumas cumulativos relacionados ao trabalho com mãos e braços;
- distúrbios antigos que poderiam produzir efeitos vasculares ou neurológicos (prejuízos ocasionados pelo frio, queimaduras, traumas, etc.);
- doença primária de Raynaud e seu histórico;
- outras desordens que poderiam possuir sinais e sintomas vasculares ou neurais periféricos similares (polineurites, doenças vasculares oclusivas, intoxicação química);
- uso de terapêuticas e/ou outras drogas que produzam efeitos periféricos vasculares ou neurológicos (incluindo o álcool e o tabaco);
- anormalidade anatômicas que possam interferir na utilização segura de ferramentas manuais vibratórias;
- presença de sensibilidade ao frio e prejuízos prévios devido ao mesmo;
- histórico passado de uso de ferramentas vibratórias (incluindo o tipo de ferramenta e duração de sua utilização);

- idade, sexo, peso, e outros dados que possam ser relevantes para diferenças nas funções vasculares e neurológicas periféricas e sensibilidade ao frio;
- medições de base para o limite vibrotátil, força de preensão, tensão/força muscular etc.

b) avaliações médicas periódicas - devem ser realizadas anualmente ou em períodos menores nos trabalhadores afetados considerando-se as recomendações do médico responsável. Os exames médicos periódicos devem enfatizar testes e questionamentos que possibilitem a identificação dos primeiros sinais e sintomas da HAVS ou do progresso de sua severidade. Essas avaliações devem incluir:

- revisão das queixas apresentadas pelos trabalhadores;
- revisão e atualização dos dados oriundos de avaliações prévias realizadas;
- repetição de testes e procedimento dirigidos às funções vasculares, neurológicas e sintomas;
- análise de sinais e sintomas vasculares e neurológicos, resultados de testes vibrotáteis aestesiométricos, força de preensão e presença de sintomatologias músculo-esqueléticas. Essas análises de rotina fornecem subsídios para a classificação e graduação da doença, para tal podem ser utilizados outros métodos disponíveis citados na literatura médica de forma a proporcionar uma rápida indicação sobre qualquer progressão ou remissão dos sintomas desde a última avaliação.

Após a diagnose da doença ou distúrbio, o médico responsável estabelecerá as ações a serem executadas dentre as quais, a recomendação da permanência ou não do trabalhador exposto à vibração na atividade ou mudança de função.

Segundo o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) estabelecido pela Norma Regulamentadora NR-7 do Ministério do Trabalho é obrigatória a realização dos exames médicos:

- admissional;
- periódico;
- de retorno ao trabalho;
- de mudança de função;
- demissional;

Os dados obtidos nos exames médicos, incluindo avaliação clínica e exames complementares, as conclusões e as medidas aplicadas deverão ser registradas em prontuário clínico individual, que ficará sob responsabilidade do médico coordenador do PCMSO e mantido por um período mínimo de 20 anos após o desligamento do trabalhador.

Qualquer trabalhador que utilize ferramentas manuais vibratórias, deve, antes de dar início as suas atividades, ser fisicamente examinado e avisado sobre o risco da exposição à vibração localizada;

A vigilância à saúde realizada por meio de um controle médico efetivo é fundamental não só no acompanhamento a fim de evitar uma possível progressão da doença mas também subsidiar a aplicação e avaliação da eficácia das demais medidas de controle aplicadas.

ORIENTAÇÃO E CAPACITAÇÃO DE TRABALHADORES QUE OPERAM FERRAMENTAS MANUAIS VIBRATÓRIAS

Devido à grande variação na tolerância à vibração entre os trabalhadores expostos, é fundamental que cada trabalhador seja instruído sobre o reconhecimento dos primeiros sintomas da *HAVS*, suas causas e prevenção, principalmente porque ele próprio é o primeiro a reconhecer

a ocorrência de distúrbios não usuais nos seus estágios primários, de forma a permitir que sua progressão possa ser prevenida ou revertida. Programas de orientação e capacitação são vitais na prevenção e controle do risco e devem informar sobre:

- a necessidade de procurar ajuda médica quando ocorrerem ataques de branqueamento, ou longos períodos de formigamento e/ou adormecimento nos dedos ou qualquer dor nos dedos, mãos, pulsos, braços ou ombros;
- os primeiros sinais e sintomas, os quais são reversíveis, devem ser informados e registrados;
- os possíveis efeitos à saúde devido à continuidade do uso de FMVs;
- papel da supervisão médica na prevenção e controle da HAVS;
- cronograma com períodos de trabalho e descanso para controle da duração da exposição, uma vez que os perigos da vibração são reduzidos quando são evitadas exposições contínuas à vibração por períodos longos; portanto, as escalas de trabalho devem ser feitas incluindo períodos livres de vibração (pausas).
- aspectos ergonômicos na utilização das ferramentas, a influência da força de preensão, das pressões exercidas na operação (interface entre a ferramenta e peça trabalhada), maneira de segurar a ferramenta, posturas do corpo e práticas normais recomendadas para evitar vibração excessiva por meio do controle do processo ou da ferramenta. O trabalhador deve ser orientado a deixar a ferramenta "fazer" o trabalho e segurá-la tão levemente quanto possível; as forças de preensão e as forças aplicadas na execução da operação devem ser mínimas mas suficientes e consistentes com as práticas seguras de trabalho, o que inclui o controle adequado da ferramenta;
- a utilização adequada da ferramenta, os ajustes necessários e as condições dos dispositivos anti-vibratórios e demais dispositivos de segurança;

- o papel e a importância da manutenção da ferramenta e sua relação com a vibração produzida;
- exposições desnecessárias das mãos à vibração. O período de exposição à vibração pode ser minimizado, por exemplo, desligando a ferramenta durante as pausas em que o equipamento não é utilizado;
- a importância da informação aos supervisores se forem percebidas irregularidades no funcionamento das ferramentas como por exemplo a produção de níveis anormais de vibração;
- evitar a liberação de gases frios ou fluidos das ferramentas sobre as mãos do operador (saída de ar comprimido);
- a necessidade de utilização de roupas adequadas para manter o corpo seco e sua temperatura num nível aceitável. Quando houver orientação específica poderão ser utilizadas luvas para manter as mãos aquecidas, para proteção contra cortes ou escoriações ou o uso de luvas com características anti-vibratórias;
- eliminação ou redução do fumo enquanto estiver usando equipamentos vibratórios, pois, a nicotina reduz o fluxo sanguíneo às mãos e dedos; bem como o uso de determinadas medicações.

Novos trabalhadores devem passar por um programa de orientação e capacitação. Trabalhadores antigos devem ser reciclados periodicamente.

MÉDIDAS TÉCNICAS PARA REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO

A utilização de uma estratégia efetiva para redução da exposição à vibração deve considerar os seguintes aspectos:

- identificação das principais fontes de vibração e grau de importância em termos de sua contribuição ao risco;
- identificação e avaliação das principais soluções para eliminação ou redução da exposição considerando-se a sua praticabilidade, custos e o estabelecimento de metas alcançáveis;
- alocação de prioridades e estabelecimento de um programa de ação;
- definição de responsabilidades a nível gerencial e alocação de recursos;
- implementação, monitoramento e avaliação do programa estabelecido.

Os enfoques clássicos em engenharia para eliminação ou redução da vibração estão relacionados à redução na fonte, redução na transmissão e modificação do processo.

Do ponto de vista preventivo, a vibração deve ser considerada durante as fases de projeto, desenvolvimento ou aplicação de determinado processo, produto ou ferramenta. Os profissionais responsáveis por essas fases devem avaliar alternativas que possam:

- evitar ou minimizar a necessidade de operações e ferramentas que exponham trabalhadores a níveis de vibração perigosos;
- facilitar a otimização de propostas ou modelos ergonômicos de locais e processos de trabalho;
- facilitar a utilização de ferramentas ou processos que produzem níveis de vibração mais baixos.

Para redução da exposição devem ser consideradas medidas que possibilitem:

- eliminação do risco pela substituição de processos por outros com menor ou nenhum grau de risco, por exemplo a aplicação de processos automatizados ou mecanizados;
- redução da vibração pela modificação da máquina ou processo;
- redução da vibração na transmissão, entre a fonte de vibração e a empunhadura ou outras superfícies de apoio;
- minimização das forças necessárias na aplicação da ferramenta e seu controle;
- redução do tempo de exposição, por exemplo aplicando a rotação de trabalho.

A seguir estão relacionados alguns princípios e exemplos ilustrativos:

Redução na fonte

A vibração em geral aumenta na medida em que aumenta a velocidade de operação da ferramenta. A NIOSH, (1989) cita como exemplo que uma motosserra operando com o acelerador a dois terços produz significativamente menos vibração do que se for operada com o acelerador totalmente acionado. Motores a combustão (com pistão), utilizados em algumas ferramentas constituem a maior fonte de vibração, a sua substituição quando possível, por motores rotativos (por exemplo motores elétricos), constitui uma interessante alternativa para redução da vibração. Ferramentas que produzem níveis de vibração mais baixos devem ser selecionadas e utilizadas quando existirem opções de escolha em razão das características dos processos e atividades.

Usuários de ferramentas manuais vibratórias podem apresentar uma gama de sinais e sintomas adversos. Alguns efeitos parecem ser atribuídos principalmente à exposição à vibração, outros podem estar associados a certas características das ferramentas como o peso, posição das empunhaduras, características do gatilho ou acelerador como por exemplo a sua rigidez. A

seleção e escolha dessas ferramentas deve levar em consideração além da vibração gerada, projetos ergonômicos melhorados.

As características (qualidade, periodicidade) da manutenção e ajustes aplicados às ferramentas influem no nível da vibração gerado pelo equipamento. A substituição de componentes gastos, danificados, defeituosos ou desbalanceados, além de possibilitar a redução da vibração, minimiza as chances de acidentes em razão de quebras eventuais. Cuidados devem ser direcionados para:

- substituição de dispositivos anti-vibratórios (componentes, empunhaduras etc.) antes de sua deterioração. Devem ser observadas: rachaduras, deformações (por ex.: dilatação), endurecimento ou amolecimento de borrachas ou outros dispositivos resilientes;
- lubrificação de peças e componentes;
- afiação de discos, correntes ou outros dispositivos usados em ferramentas de corte (ex.: motosserras);
- substituição de lâminas de rotor de máquinas pneumáticas, rolamentos de esfera, discos desbalanceados (ex.: lixadeiras) e demais dispositivos que possam apresentar irregularidades;
- Implementação de programas de manutenção efetivos.

Modificação do processo

A aplicação de uma análise ergonômica nos processos de trabalho que utilizam ferramentas vibratórias é recomendada a fim de determinar se certas alterações nesses processos poderiam reduzir ou eliminar a utilização dessas ferramentas ou minorar a exposição dos operadores.

A quantidade de trabalho necessária em operações de retificação e acabamento de peças fundidas ou moldadas mediante à utilização de ferramentas vibratórias, depende do *design* e material empregado, do processo de fabricação, da forma e habilidade utilizada na operação. Quanto melhor a qualidade da peça produzida, menor a necessidade de retrabalho ou retificação.

Os efeitos fisiopatológicos relacionados à utilização de FMVs estão relacionados à intensidade da vibração, ao tempo de uso (tempo total diário, semanal, anual) e a forma de distribuição dessa exposição ao longo do dia. Modificações no processo de trabalho com a aplicação de algumas medidas podem auxiliar na redução do tempo de exposição:

- alternar entre tarefas que envolvam ferramentas vibratórias com tarefas que não envolvam exposição à vibração.
- limitar tanto quanto possível o uso diário de ferramentas vibratórias quando as acelerações forem elevadas.
- introduzir pausas de pelo menos 10 min a cada hora de exposição à vibração.

Exemplo de medidas voltadas a redução da exposição à vibração:

- uso de fresadoras, tornos ou outros equipamentos nos processos de remoção de metal em substituição às ferramentas manuais
- substituição de processos que utilizam rebitagem pneumáticas impulsivas por acionamento hidráulico;
- utilização de juntas coladas ou soldadas em produtos fabricados no lugar de juntas rebitas para evitar o uso de rebitadoras pneumáticas;
- aplicação de processos químicos para limpeza e polimento em substituição às ferramentas manuais vibratórias;

- modificação do design de peças fundidas, incluindo a seleção de materiais mais adequados para reduzir o grau de acabamento ou retificação necessária.

A melhoria do processo pode reduzir a necessidade de retificações contribuindo muitas vezes no aumento da qualidade do produto e produtividade.

A mecanização do processo, aplicação de controle remoto ou automação pode auxiliar na redução da exposição:

- operações de risco que envolvam a limpeza de peças fundidas, corte de barras, blocos de concreto ou lajes ou outro tipo de operação, podem ser melhoradas ou eliminadas pela utilização de processos enclausurados, semi-automatizados ou controlados remotamente, resultando na redução da exposição à vibração, ao ruído e à poeira.

A aplicação de robôs na indústria é crescente, certas organizações vêm promovendo o desenvolvimento de robôs ou ferramentas altamente automatizadas, como por exemplo: lixadeiras para limpeza de peças fundidas e outras operações.

Na exploração florestal, empresas de grande porte vêm cada vez mais aplicando máquinas que processam árvores em áreas com topografia favorável, em substituição às motosserras.

Redução na transmissão

Estratégias aplicadas para redução da vibração transmitida pela ferramenta às mãos auxiliam na prevenção da HAVS. Vários tipos de materiais capazes de amortecer a energia vibratória tem sido aplicados nas empunhaduras das ferramentas ou em luvas, proporcionando variados graus de atenuação. A quantidade de vibração transmitida às mãos depende: da magnitude e frequência da vibração na superfície vibrante, das forças exercidas pela mão para

segurar a ferramenta e para movimentação e execução da operação, das posturas adotadas pelo operador e características da conexão entre as mãos e as empunhaduras.

Quanto maior a força exercida pelas mãos junto às superfícies vibrantes, maior a vibração transmitida ao sistema mão-braço. Essas forças podem requerer a utilização de suportes para fixação da ferramenta ou da peça trabalhada, seja para controlar ou guiar a ferramenta, ou quando a operação exige a remoção de grande quantidade de material.

A aplicação de coberturas de borracha ou outros materiais resilientes em torno das empunhaduras de apoio das ferramentas vibratórias pode reduzir vibrações de alta frequência, no entanto, é improvável redução significativa da vibração transmitida nas prováveis faixas de frequências capazes de produzir a *HAVS*. Em determinados casos pode ser possível a adaptação de manoplas anti-vibratórias em algumas ferramentas. Nessas situações, cuidados devem ser tomados para garantir a adequação dessas manoplas às características da vibração produzida por essas ferramentas.

A utilização de luvas anti-vibratórias usualmente proporciona pouca atenuação na maioria das frequências consideradas mais prejudiciais e em algumas situações pode amplificar a vibração transmitida às mãos. A sua aplicação requer no mínimo uma verificação preliminar da atenuação oferecida em relação às características da vibração gerada pela ferramenta nas situações típicas de operação.

Principais referência consideradas neste anexo:

GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration**. Londres : Academic Press, 1996

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE)-**Hand-Arm Vibration**, 1994, 64p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 5349 –Mechanical vibration - **Guidelines for the measurement and assessment of human exposure to hand - transmitted vibration**, 1986. 12p.

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

NIOSH – Criteria for a recommended standard – **Occupational Noise Exposure** – Revised Criteria 1988, U.S. Department of Health and Human Services, Ohio, june, 1998, 105p..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – **Threshold limit values for chemical substances and physical agents. Biological exposure indices**, Cincinnati, 1999, 175p.
- 2.AMERICAN NATIONAL STANDARDS, New York. **ANSI B 175.1 - Gasoline - Powered chain saws - Safety requirements**. New York, 1991, 95p.
- 3.BAILEY, J. R. **Problems associated with vibration measurements**. In: Proceedings of the International Occupational Hand-arm Vibration Conference, NIOSH, Cincinnati, Ohio, nº 77-170, 1977, p. 187- 208.
- 4.BOVENZI, M.; FRANZINELLI, A.; MANCINI, R.; CANNAVÀ, M. G.; MAIORANO, M.; CECCARELLI, F. **Dose-response relation for vascular disorders induced by vibration in the fingers of forestry workers**. Occupational and Environmental Medicine, 52, 1995, p. 722-730.
- 5.BOVENZI, M. **Epidemiologic aspects of the exposure-response relationship in the hand-arm vibration syndrome**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 67-68.
- 6.BRAMMER A. J. **Influence of hand grip on the vibration amplitude of chain-saw handles**. In: Wasserman D. E., Taylor W., Curry M.G., eds. Proc of the Int Occup Hand-arm Vibration Conf. Cincinnati, OH: Dept of Health and Human Services, 1977. (NIOSH publication nº 77-170), p.179-186.
- 7.BRAMMER, A. J. **Threshold limit for hand-arm vibration exposure throughout the workday**. In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. Vibration effects on the hand and arm in industry. New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p.291-301.
- 8.BRAMMER, A. J. **Relations between vibration exposure and the development of vibration syndrome**. In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. Vibration effects on the hand and arm in industry. New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p.283-290.

9. **BRASIL – Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR - 6**, redação e alteração dada pelas Portarias N° 06/83; N° 3 de 20/02/1992; N° 6 de 19/08/1992; N° 26 de 29/12/1994; Instrução Normativa N° 01 de 11/04/1994. In: ED. ATLAS. Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 33. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1996, 523p.
10. **BRASIL – Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR - 7**, redação dada pela Portaria N° 24 de 29/12/1994. In: ED. ATLAS. Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 33. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1996, 523p.
11. **BRASIL – Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR - 9**, redação dada pela Portaria N° 25 de 29/12/1994. In: ED. ATLAS. Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 33. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1996, 523p.
12. **BRASIL – Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR - 12 – Anexo N.º 1**, redação dada pela Portaria N.º 13 de 24/10/1994. In: ED. ATLAS. Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 33. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1996, 523p.
13. **BRASIL – Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR - 15 – Anexo N.º 8**, redação dada pela Portaria N.º 12 de 1983. In: ED. ATLAS. Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 33. Ed., São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1996, 523p.
14. **BRERETON P. Progress in persuading British Industry that effective management of exposure to hand-arm vibration results in good health and good business.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.83-84.
15. **BRITISH STANDARDS INSTITUTION – BS 6842 Measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand**, London, 1987.
16. **BRUBAKER, R. L.; MACKENZIE, C. J. G.; HERTZMAN, C.; HUTTON, S.; SLAKOV, J. Longitudinal study of vibration-induced white fingers among coastal fallers in British Columbia.** Scandinavian Journal Work Environ Health, 13, 305-8, 1987.
17. **BRÜEL & KJAER. Piezoelectric Accelerometers and Vibration Preamplifiers – Theory and Application Handbook**, 1978, 98p.
18. **BRÜEL & KJAER. Human Vibration – Booklet**, april, 1988, 32p.
19. **BRÜEL & KJAER. Master Catalogue, Eletronic Instruments – Human vibration measuring equipment - Hand-arm transducer set and triaxial seat accelerometer types 4392 and 4322**, 1989, 904p., p. 777-778.

20. BURSTRÖM L.; SÖRENSSON, A. **The influence of shock-type vibration on the absorption of mechanical energy in the hand and arm.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.7-8.
21. CARNICELLI, M. V. F. **Exposição ocupacional à vibração transmitida através das mãos: uma revisão sobre o distúrbio vascular periférico – FUNDACENTRO – Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, n. 82, v. 22, 1994, p. 35-45.
22. CUNHA, I. A. **Notas de aula. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho**, 1995.
23. CUNHA, I. A.; YAMASHITA, R. Y.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; MACIEL, A. J. S. **Avaliação de ruído e vibração em motosserra: resultados parciais.** Bragantia, Campinas, 57(1): 193-196, 1998.
24. CHRIST, E. **Certified safety by European co-ordination and co-operation of notified bodies for machine and personal protective equipment.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.79-80.
25. DE MEESTER, M.; DE MUYNCK, W.; DE BACQUER, D.; DE LOOP, P. **Reproducibility and value of hand-arm vibration measurements using the ISO 5349 method and compared to a recently developed method.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.13-14.
26. ERGOAIR, Inc. **Performance of the ErgoAir Antivib air bladder in an antivibration glove.** ErgoAir, Inc. Hand-arm Vibration Technical Information.
http://www.ergoair-inc.com/ergoair_antivib_air_bladder.html. 29/04/1999
27. EUROPEAN STANDARD, Brussels. **EN 608 - Agricultural and forestry machinery – Portable chain saws – Safety.** Brussels, 1994, 18p.
28. EUROPEAN STANDARD, Brussels. **EN 27182 – Acoustics – Measurement at the operators position of airborne noise emitted by chain saws.** Brussels, 1991, 3p.
29. FACULTY OF OCCUPATIONAL MEDICINE OF THE ROYAL COLLEGE OF PHYSICIANS, **Hand-Transmitted vibration: clinical effects and pathophysiology - Part 1- Report of a working party - Published by THE ROYAL COLLEGE OF PHYSICIANS OF LONDON – January 1993.**
30. FERREIRA, M. L. G. L' **Exposition aux vibrations lors de l'utilisation des meuleuses,** Mémoire présenté en vue de l'obtention de la Licence en Ergonomie, Université Catholique de Louvain, 129p., Septembre, 1993.
31. GEMME G. **Vibration-induced white fingers – knowledge deficits.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.17-18.
32. GERGES, S. N. Y., **Ruído: fundamentos e controle**, Florianópolis, 1992, 600p.

33. GERHARDSSON, L.; BALOGH, I.; HAMBERT, P. A.; HJORTSBERG, U.; KARLSSON, J. E.; LUNDBORG, G. **Vascular and nerve damages at exposure to vibrating tools related to the ISO norm 5349, appendix A.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.119-120.
34. GRIFFIN, M. J.; MACFARLANE, C. R.; NORMAN, C. D. **The Transmission of Vibration to the Hand and the Influence of Gloves.** In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. *Vibration effects on the hand and arm in industry.* New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p. 103-116.
35. GRIFFIN, M. J. **Vibration injuries of hand and arm : their occurrence and the evolution of standards and limits,** Health & Safety Executive - Research Paper 9 . London: n 9 – 1980.
36. GRIFFIN, M. J. **Handbook of human vibration.** Londres : Academic Press, 1996, 988p.
37. GRIFFIN, M. J. **Standards for the evaluation of hand-transmitted vibration and prevention of adverse effects.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 77-78.
38. GROUNDS, M. D. **Raynaud's phenomenon in users of chain saw.** The medical Journal of Austrália 1, 1964, p.270-272.
39. GURRAM R.; RAKHEJA S.; GOUW G. J. **Vibration transmission characteristics of human hand-arm and gloves.** International Journal of Industrial Ergonomics, n.13, 1994, p.217-234.
40. HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE) - **Hand-Arm Vibration,** 1994, 64p.
41. HEWITT, S. **Assessing the Performance of Anti-vibration Gloves- A Possible Alternative to ISO 10819, 1996,** Ann. Occup. Hyg., v. 42, n. 4, 1998, p. 245-252.
42. HUTTON S. G.; PARIS, N.; BRUBAKER, R. **The vibration characteristics of chain saws and their influence on vibration white finger disease.** Ergonomics, v. 36, n. 8, 1993, p. 911-926.
43. IKEDA K.; ISHIZUKA H.; SAWADA A.; URUSHIYAMA K. **A comparison of vibration magnitudes os hand-held tools using the dominant single axis and the root sum os squares of the three orthogonal axes method - in Japanese case.** In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration, Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p.129-130.
44. IKI, M. **Vibration-Induced White Finger as a risk factor for hearing loss and postural instability.** Nagoya J. Med. Sci. 57 (Suppl.), 1994, p.137-145.

45. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 2631/1 – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements.** Geneva, 1985, 17p.
46. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 2631-1 – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements.** Geneva, 1997, 31p.
47. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 5349 – Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration.** Geneva, 1986, 12p.
48. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 7182 – Acoustics - Measurement at the operator's position of airborne noise emitted by chain saws.** Geneva, 1984 (E), 3p.
49. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 7505 – Forestry machinery - Chain saws - Measurement of hand-transmitted vibration.** 1986 (E), 8p.
50. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 7916 – Forestry machinery – Portable brush-saws – Measurement of hand-transmitted vibration.** Geneva, 1989, 7p.
51. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 8041 - Human response to vibration – Measuring instrumentation.** Geneva, 1988, 24p.
52. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 8662-1 - Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 1: General.** Geneva, 1988. 4p.
53. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO/DIS 9207- Manually portable chain saws - Determination of sound power levels.** Geneva, 1991, 12p.
54. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 10819 - Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand.** Geneva, 1996, 17p.
55. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO/FDIS 13753 - Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Method for measuring the vibration transmissibility of resilient materials when loaded by the hand-arm system,** Geneva, 1996.

56. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1999). **Vibration and shock with respect to human beings** - <http://www.issso.ch/cate/13160.html> - (06/09/1999).
57. KAULBARS, U. **Main parameters influencing damping performance of resilient materials**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 105-106.
58. KOSKIMIES, K.; PYYKKÖ, I.; STARCK, J.; INABA, R. **Vibration syndrome among Finnish forest workers between 1972 and 1990**, Int Arch Occup Environ Health (1992) 64: p. 215-256.
59. KOTON, J.; KOWALSKI, P.; SZOPA J. **An attempt to construct antivibration gloves on the basis of information on the vibration transmissibility of materials**, In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 97-98.
60. LINDELL, H.; LÖNNROTH, I.; OTTERTUN, H. **Transient vibrations from impact wrenches cause damages on cells and the effects are not taken into account in by ISO 5349**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 33-34.
61. LOMBARD, R.; HOLT, S. **Measurement of Chain Saw Handle Vibration**,. In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. **Vibration effects on the hand and arm in industry**. New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p.203-209.
62. MIRBOD, S. M.; INABA, R.; IWATA, H. **A Study on Vibration-Dose for Japanese Workers Exposed to Hand-Arm Vibration**. Industrial Health, 1992a, 30, p.1-22.
63. MIRBOD, S. M.; YOSHIDA H.; NAGATA, C.; INABA, R.; KOMURA, Y.; IWATA, H. **Hand-Arm Vibration syndrome and its prevalence in the present status of private forestry enterprises in Japan**, Int. Arch Occup Environ Health, 1992b, 64, p.93-99.
64. MIRBOD, S. M.; KOMURA, H. Y. Y.; FUJITA, S.; MIYASHITA, C. N. K.; INABA, R.; IWATA, H. – **Prevalence of Raynaud's phenomenon in different groups of workers operating hand-held vibrating tools**. Int Arch Occup Environ Health, 1994, n. 66, p.13-22.
65. MIYASHITA K.; SHIOMI S.; ITOH N.; KASAMATSU T.; IWATA, H. **Development of Vibration Syndrome Among Chain Sawyers in relation to Their Total Operating Time**. In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. **Vibration effects on the hand and arm in industry**. New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p.269-276.
66. NIOSH – **Criteria for a recommended standard – Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration** – U.S. Department of Health and Human Services, Ohio, september 1989, 127p.

- 67.NIOSH – Criteria for a recommended standard – **Occupational Noise Exposure** – Revised Criteria 1988, U.S. Department of Health and Human Services, Ohio, June, 1998, 105p.
- 68.PADDAN, G. S.; GRIFFIN, M. J. **Effect of push force on the transmission of shear vibration through gloves**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 99-100.
- 69.PEKKARIKEN, J. **Noise, impulse noise, and other physical factors: combined effects on hearing**. Occupational Medicine: State of the Art Reviews, Philadelphia, v.10, n. 3, July-september, 1995, p. 545-559.
- 70.PELMEAR, P. L.; LEONG, D.; TAYLOR, W.; NAGALINGAM, M.; FUNG, D. **Measurement of Vibration of Hand-Held Tools: Weighted or Unweighted ?** – Journal of Occupational Medicine, v.31, n.11, november, 1989, p. 902-908.
- 71.PYYKKÖ, I.; PEKKARINEN, J.; STARCK, J. **Sensory-neural hearing loss during combined noise and vibration exposure**, Int Arch Occup Environ Health, n. 59, 1987, p. 439-454.
- 72.RIDDLE H. F. V.; TAYLOR, W. **Vibration-Induced White Finger Among Chain Sawyers Nine Years After the Introduction of Anti-Vibration Measures**. In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. Vibration effects on the hand and arm in industry. New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p. 169-172.
- 73.REYNOLDS, D. D.; WILSON, F. L. **Mechanical Test Stand for Measuring the Vibration of Chain Saw Handles During Cutting Operations**. In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. Vibration effects on the hand and arm in industry. New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p. 211-224.
- 74.REYNOLDS D. D.; JETZER T. **Use of air bladder technology to solve hand tool vibration problems**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration, Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 107-108.
- 75.REYNOLDS D. D.; STEIN J. K. **Design and evaluation of an inexpensive test fixture for conducting glove vibration test per ISO 10819**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration, Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 141 142.
- 76.SAITO, K. **Prevention of the hand-arm vibration syndrome**. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health 13, p.301- 4, 1987.
- 77.SCHENK, T.; GILLMEISTER, F. **Investigations in the precision of vibration measurements for the declaration os emission values for hand-held machines**. In: Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration. Abstracts, Umea Sweden, June, 1998, 160p., p. 85-86.

78. STARCK, J. P.; AATOLA, S. A.; HOIKKALA, M. J.; FÄRKKILÄ, M. A.; KORHONEN, O. S.; PYYKKÖ, I. **Chain Saw Vibration: Effects of Age of the Saw and the Repeatability of Measurements.** In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. *Vibration effects on the hand and arm in industry.* New York: John Wiley & Sons, 1982, 376p., p. 197-202.
79. STARCK, J. P.; PEKKARINEN, J. (1988). **High frequency vibration – exposure and risk assessment.** *Työjälhminen* 2(3): p.290-293.
80. TESCHKE, K.; BRUBAKER R. L.; MORRISON, B. J. **Using Noise Exposure Histories to Quantify Duration of Vibration Exposure in Tree Fallers,** *American Industrial Hygiene Association Journal* 51(9), 1990, p. 485-493.
81. TOMINAGA, Y. **Dose-Response Relation for the Vibration Syndrome.** In: Brammer A. J., and Taylor. W., eds. *Vibration effects on the hand and arm in industry.* New York: John Wiley & Sons, 1982, p.277-281.
82. UNITED NATIONS - Food and Agriculture Organization (FAO) - **Introduction to ergonomics in forestry in developing countries,** Rome, 1992.
83. WASSERMAN, D.E. **Human Aspects of Occupational Vibration - Advances in Human Factors/Ergonomics,** 8 – New York, 1987, 188p.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Exemplos de estudos sobre a incidência de VWF em operadores de motosserras

Exemplos de estudos sobre a incidência de VWF em operadores de motosserras

Autores	Ano	Vibração* ¹	Número de expostos	Prevalência	Latência (anos)
Huzl <i>et al.</i>	1961	-	27	74%	-
Grounds	1964	-	22	91%	1 - 6
Miura <i>et al.</i>	1966	-	17	-	1 - 8
Takamatsu	1966	-	(5000)	20 - 60%	3
Takagi	1968	-	87	66%	3 - 5
Barnes <i>et al.</i>	1969	-	80	52%	1 - 10
Futatsuka <i>et al.</i>	1969	-	-	15 casos	-
Futatsuka	1969	-	-	33%	2 - 3
Okada	1969	-	-	14 casos	-
Yamada	1969	-	-	60%	-
Hellström and Vik	1970	-	264	54	8
Hellström <i>et al.</i>	1970	-	40	25%	-
Kylin and Lidström	1970	-	290	48%	2
Tiilila	1970	-	72	61%	5
Wilson and Wilmer	1970	-	-	1 caso	2.5
Hellström and Myhre	1971	-	-	11 casos	-
Huzl <i>et al.</i>	1971	-	202	46%	-
Kumlin <i>et al.</i>	1971	-	-	21 casos	< 8
Okada <i>et al.</i>	1971	-	-	13 casos	-
Taylor <i>et al.</i>	1971	-	142	44%	1 - 8
Allingham and Firth	1972	-	82	48%	4.5
Hellström and Andersen	1972	-	296	47%	1 - 18
Okada <i>et al.</i>	1972	-	-	13 casos	-
Yamada	1972	-	-	124 casos	-
Hyvarinen <i>et al.</i>	1973	-	-	43 casos	-
Kumlin <i>et al.</i>	1973	-	35	89%	1 - 10
Sevcik <i>et al.</i>	1973	-	183	65%	6.6
Fiessinger <i>et al.</i>	1974	-	-	1 caso	-
Iwata <i>et al.</i>	1974b	-	-	30 casos	-
Iwata <i>et al.</i>	1974a	-	52	7.7%	-
Laitinen <i>et al.</i>	1974	-	550	41%	4
Pyykkö	1974	-	118	40%	4
Taylor <i>et al.</i>	1974	-	46	87%	1 - 5
Turtiainen	1974a	-	589	49%	2.2
Yamada <i>et al.</i>	1974	-	-	19 casos	-
Kusumoto	1975	-	-	102 casos	-
Matoba <i>et al.</i>	1975c	-	-	82 casos	-
Matsumoto <i>et al.</i>	1975	-	79	67%	-
Miura	1975	-	24	54%	-
Taylor <i>et al.</i>	1975b	-	123	73%	3
Wakisaka <i>et al.</i>	1975	-	728	23%	1 - 13
Chang	1976	-	-	29 casos	-
Gorski <i>et al.</i>	1976	-	748	-	-
Hanak and Seveik	1976	-	35	40%	-

Apêndice 1

Exemplos de estudos sobre a incidência de VWF em operadores de motosserras
(continuação)

Autores	Ano	Vibração* ¹	Número de expostos	Prevalência	Latência (anos)
Taylor and Pelmeier	1976	-	105	40 - 90%	2.8 - 3.6
Dubrisay <i>et al.</i>	1977	-	-	9 casos	2 - 10
Laroche	1977	-	-	17 casos	-
Yamawaki * ²	1977	3.0 ~ 5.0	-	-	-
Matoba <i>et al.</i>	1977	-	-	164 casos	-
Rafalski <i>et al.</i>	1977	-	202	36%	5
Pyykkö <i>et al.</i> * ²	1978	2.0	-	-	-
Borredon	1978	-	215	41%	-
Buchberger and Butora	1979	-	138	-	-
Matsumoto <i>et al.</i>	1979	-	87	38%	> 2
Futatsuka <i>et al.</i>	1980	-	178	-	-
Harada <i>et al.</i>	1980	-	115	51%	-
Saito <i>et al.</i>	1980	-	417	-	-
Olsen <i>et al.</i>	1981	-	39	33%	-
Pyykkö <i>et al.</i>	1981	-	203	27%	-
Pyykkö <i>et al.</i> * ²	1981	2.2	208	<7	>25
Miyashita <i>et al.</i>	1982	-	266	-	-
Olsen <i>et al.</i>	1982	-	376	31%	-
Pelnar <i>et al.</i>	1982	-	566	28%	-
Pelnar <i>et al.</i> * ²	1982	50.0 * ³	323	27.9%	-
Pyykkö <i>et al.</i> * ²	1982	9.0	118	40,0	<5
Pyykkö <i>et al.</i>	1982b	-	217	40 - 7%	-
Riddle <i>et al.</i> * ²	1982	-	18	17%	-
Riddle and Taylor	1982	-	43	-	-
Stark <i>et al.</i> * ²	1982	2.5	-	-	-
Vayssairat	1982	-	107	62%	-
Brubaker <i>et al.</i>	1983	-	146	51%	-
Futatsuka <i>et al.</i>	1983	-	19	37%	-
Miyashita <i>et al.</i>	1983	-	266	-	-
Harkönen <i>et al.</i>	1984	-	279	18%	-
Kuzalová <i>et al.</i>	1984	-	53	77%	-
Matoba <i>et al.</i> * ²	1985	5.6 ~ 28.0	-	-	-
Leyhe	1985	-	29	-	-
Futatsuka <i>et al.</i> * ²	1986	19.6 ~ 29.4	1000	50.2%	6.4 ± 3.7
Futatsuka and Sakurai	1986	-	286	-	-
Futatsuka and Ueno	1986	-	1456	< 63%	6.4 ± 3.7
Pyykkö <i>et al.</i> * ²	1986	2.4	206	5.0%	-
Pyykkö <i>et al.</i>	1986d	-	206	40 - 5%	-
Brubaker <i>et al.</i>	1987	-	55	53%	-
Brubaker <i>et al.</i> * ²	1987	4.0 ~ 12.4	71	51.0%	4.2 ± 2.3
Ekenvall and Carlsson	1987	-	-	55 casos	-
Saito * ²	1987	-	417	7,7%	-

Apêndice 1

Exemplos de estudos sobre a incidência de VWF em operadores de motosserras
(continuação)

Autores	Ano	Vibração* ¹	Número de expostos	Prevalência	Latência (anos)
Vayssairat <i>et al.</i>	1987	-	-	29 casos	-
Färkkilä <i>et al.</i>	1988	-	186	5 – 22%	-
Kurumatani <i>et al.</i>	1988	-	953	21.6%	-
Olsen and Nielsen	1988	-	37	-	-
Hashiguchi <i>et al.</i> * ²	1990	2.2 ~4.0	-	-	-
Mirbod <i>et al.</i> * ²	1990	-	447	9.6%	14.2 ± 5.2
Futatsuka <i>et al.</i> * ²	1990	2.0 ~10.0	1551	17.2%	6.2 ± 3.9
Zhou <i>et al.</i> * ²	1990	15.2	232	8.2%	-
Zhou <i>et al.</i> * ²	1990	14.6	358	13.7%	-
Färkkilä <i>et al.</i> * ²	1990	-	125	27.0%	-
Christ * ²	1990	10.9	-	-	-
Stark <i>et al.</i> * ²	1990	1.8 ~2.2	199	7.0%	-

[FONTE: MODIFICADO DE GRIFFIN, 1996]

*¹ Aceleração da vibração durante operação da motosserra (frequência ponderada).

*² Dados extraídos de MIRBOD *et al.* (1992a)

*³ Vibração na empunhadura da motosserra em 125 Hz.

APÊNDICE 2

Exemplos de desordens relacionadas a ossos e juntas em operadores de motosserra

Apêndice 2

Exemplos de desordens relacionadas a ossos e juntas em operadores de motosserra

Embora esta listagem possa ser utilizada na identificação de alguns estudos relevantes, as prevalências citadas não indicam necessariamente a maior predominância da condição em relação a uma população de controle adequada.

Autores	Ano	Exemplos de sintomas	N.º de expostos	Prevalência
Barners et al.	1969	Desordens em falanges	80	7 casos
Futatsuka et al.	1969	Deformidades do cotovelo e cervicais	15	--
Horváth et al.	1969	Anomalias do osso do carpo	274	Maioria
Longley	1969	Cisto ósseo	76	9%
Horváth and Kákosy	1970	Cisto ósseo	274	27%
Horváth et al.	1973	Anormalidades do osso do carpo	450	--
Kumlin et al.	1973	Cisto ósseo	35	20%
Sevcik et al.	1973	Deformidade óssea	183	24%
Laitinen et al.	1974	Cisto ósseo	550	26%
Karjalainen et al.	1975	Baixa densidade mineral óssea	40	--
Dobek et al.	1977	Alterções ósteo-articulares	1231	--
Matoba et al. * ¹	1977	Alterações em cotovelo e vértebra	--	300 casos
Rafalski et al.	1977	Alterações em ossos e juntas	207	--
Suzuki et al.	1978	Degeneração	580	--
Horváth and Kákosy	1979	Artrose – Junta distal	--	978 casos
Saito et al. * ²	1980	Deformidade em juntas: cotovelo, mão e dedos	860	12.6%
Miyashita et al.	1982	Artrite e cisto ósseo	86	--
Härkönen et al.	1984	Cisto ósseo	279	9%
Härkönen et al.	1984	Necrose vavicular	279	5 casos
Futatsuka and Sakurai	1986	Ósteoartrite - cotovelo	52	60%

[FONTE: MODIFICADO DE GRIFFIN, 1996]

*¹- Este estudo inclui motosserras e marteletes pneumáticos;

*²- Este estudo inclui motosserras e cortadoras.

APÊNDICE 3

Exemplos de anomalias em músculos, nervos, e outras anomalias sensoriais em operadores de motosserra.

Apêndice 3

Exemplos de anomalias em músculos, nervos e outras anomalias sensoriais em operadores de motosserra

Embora esta listagem possa ser utilizada na identificação de alguns estudos relevantes, as prevalências citadas não indicam necessariamente a maior predominância da condição em relação a uma população de controle adequada.

Autores	Ano	Exemplo de sintomas	N.º de expostos	Prevalência
Futatsuka et al.	1969	Anormalidades EEG e EMG	15	--
Kumlin and Seppäläinen	1969	Velocidade de condução – nervo	12	--
Horváth and Kákosy	1970	Atrofia	274	16%
Seppäläinen	1970	Velocidade de condução – nervo	9	89%
Seppäläinen	1972	Velocidade de condução – nervo	103	16-50%
Sevcik et al	1973	Problemas neurais	183	62%
Laitinen et al.	1974	Problemas musculares	550	28%
Matsumoto et al.	1975	Limiar de dor	79	--
Araki et al.	1976	Velocidade de condução – nervo	17	~ 17 casos
Hanak and Sevcik	1976	Velocidade de condução – nervo	35	58%
Harada et al.	1976	Sensibilidade vibrotátil	--	19 casos
Kotani et al.	1976	Elevado limite vibrotátil	168	--
Alaranta and Seppäläinen	1977	Velocidade de condução –nervo	28	--
Itoh et al.	1977	Dor e limiar de vibração	69	--
Matoba et al. * ¹	1977	Alterações em nervo (Unlar) e EEG	--	300 casos
Arikawa et al.	1978	Rápida atividade EEG	--	89 casos
Färkkilä et al.	1979	Interação força de preensão/VWF	89	--
Färkkilä et al.	1980	Redução de força muscular	91	--
Futatsuka et al.	1980	Potência muscular e insensibilidade	178	--
Saito et al * ²	1980	Paralisia e nervo (Ulnar)	860	1%
Aatola et al.	1982	Limiar vibrotátil/ força de preensão	200	--
Färkkilä et al.	1982	Polineuropatia	220	4%
Pyykkö et al.	1982c	Perda auditiva	275	--
Juntunen et al.	1983	Polineuropatia (perna), neuropatia (braço)	103	--
Miyashita et al.	1983	Elevado limiar vibrotátil	266	--
Miyashita et al.	1983	Fraqueza da força de preensão	266	--

*¹- Este estudo inclui motosserras e marteletes pneumáticos

Apêndice 3

Exemplos de anomalias em músculos, nervos, e outras anomalias sensoriais em operadores de motosserra - (continuação)

Autores	Ano	Exemplo de sintomas	N.º de expostos	Prevalência
Brammer et al.	1986b	Elevado limiar vibrotátil	196	--
Färkkilä et al.	1986	Força muscular reduzida	63	--
Futatsuka and Sakurai	1986	Elevado limiar vibrotátil	286	--
Futatsuka and Sakurai	1986	Força de prensão	286	--
Iki et al.	1986	Perda auditiva	51 casos	--
Brammer et al.	1987 ^a	Elevado limiar vibrotátil	5	--
Miyakita et al.	1987 ^a	Perda auditiva aumentada	499	--
Pyykkö et al.	1987	Perda auditiva aumentada	122	--
Araki et al.	1988	Decréscimo da velocidade de condução nervosa	10 casos	--
Färkkilä et al.	1988	Síndrome do túnel do carpo	79	26%
Färkkilä et al.	1988	Polineuropatia	186	--

[FONTE: MODIFICADO DE GRIFFIN, 1996]

APÊNDICE 4

Exemplos de sintomas subjetivos e observações clínicas associados ao uso de motosserras

Apêndice 4

Exemplos de sintomas subjetivos e observações clínicas associados ao uso de motosserras

Embora esta tabela possa ser utilizada na identificação de alguns estudos relevantes, as prevalências citadas não indicam necessariamente a maior predominância da condição em relação a uma população de controle adequada.

Autores	Ano	Exemplo de sintomas	N.º de expostos	Prevalência
Futatsuka	1969	Dores no braço	--	56%
Futatsuka et al.	1969	Pele da mão seca	15	47%
Futatsuka	1969	Endurecimento da pele	--	44%
Futatsuka	1969	Pele seca e úmida	--	46%
Okada	1969	Alteração de proteína(Serum)	14	--
Banister and Smith	1972	Destreza manual	22	--
Okada et al.	1972	Teste de resfriamento (pressão), etc.	26	--
Laitinen et al.	1974	Tremor, dores noturnas	550	--
Matoba et al. *	1975	Dores de cabeça, depressão, insônia, EEG anormal	60 pacientes	--
Matoba et al.	1977	Dor nos braços	164 casos	--
Matoba et al. *	1977	Cansaço	300 casos	61%
Matoba et al. *	1977	Esquecimento	300 casos	78%
Matoba et al. *	1977	Dor de cabeça	300 casos	52%
Matoba et al.	1977	Dor de cabeça, sonolência	--	--
Matoba et al. *	1977	Impotência	300 casos	55%
Matoba et al. *	1977	Zumbido no ouvido	300 casos	42%
Matoba et al. *	1977	Hiperhidrose Palmar	300 casos	70%
Arikawa et al. *	1978	Sonolência	100 casos	~ 46%
Färkkilä and Pyykkö	1979	Vasoconstrição induzida pela vibração	63	--
Futatsuka et al.	1980	Desordens do sistema nervoso autônomo	178	--
Harada et al.	1980	Muitos sintomas e sinais	115	--
Harada et al.	1980	Muitos sintomas e sinais	46 pacientes	--
Ikegata et al. *	1980 ^a	Hipergregabilidade	42 pacientes	--
Futatsuka and Ueda	1982	Tolerância ao frio e taxa metabólica	32 pacientes	--
Vayssairat et al.	1982	Capilaridade reduzida	107	--
Itoh	1983	Fluxo sanguíneo cerebral	107 pacientes	--

Apêndice 4

**Exemplos de sintomas subjetivos e observações clínicas associados ao uso de motosserras
(continuação)**

Autores	Ano	Exemplo de sintomas	N.º de expostos	Prevalência
Matoba et al. *	1983	Alterações cardiovasculares (autônomo)	35	4 casos
Miyashita et al.	1983	Fadiga, cansaço, dor em braços e nas costas	266	--
Miyashita et al.	1983	Vertigem, sonolência, irritabilidade	266	--
Pyykkö et al.	1986c	Resistência periférica dos dedos	56	--
Heinonen et al.	1987	Neuropatia autônoma (variabilidade HR)	88	--
Kobayishi et al.	1987	Alterações cardiovasculares (autônomo)	55	--
Okada et al.	1987	Elevada viscosidade sanguínea	11	--
Sasaki et al.	1987	Anormalidade EEG e resposta cerebral auditória	20	--
Kurumatani et al.	1988	Aumento na fibrilação atrial	953	--

[FONTE: MODIFICADO DE GRIFFIN, 1996]

*- Estes estudos estão relacionados a utilização motosserras e outras ferramentas.

APÊNDICE 5

Métodos de testes objetivos para diagnose da síndrome da vibração em mão e braços

Métodos de testes objetivos para diagnose da síndrome da vibração em mão e braços

O texto que segue foi traduzido e adaptado do HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE), 1994. Os métodos têm aplicação na análise da progressão ou regressão da doença após a remoção da exposição; requerem utilização de equipamentos específicos e, em princípio não são destinados à vigilância rotineira dos efeitos clínicos da *HAVS* nos locais de trabalho. Esses métodos devem ser considerados nos casos de exposições continuadas à vibração.

Testes para avaliação da componente vascular

Testes de provocação ao frio

O propósito desta técnica é mostrar objetivamente uma resposta anormal dos dedos numa simulação de frio. Na maioria dos métodos, a mão inteira é imersa em água fria sendo monitorada a queda de temperatura e o padrão de recuperação após a remoção da água.

Vários parâmetros podem ser calculados, incluindo o tempo gasto na elevação da temperatura do dedo até determinado valor, ou o tempo de recuperação de certa porcentagem da temperatura. Embora o branqueamento possa ocorrer durante a aplicação do teste, sua presença não consiste num indicador confiável da doença.

Na obtenção de resultados mais confiáveis, é importante que os testes sejam conduzidos em local aquecido, devendo o indivíduo sob teste estar também aquecido. Se a temperatura dos dedos estiver baixa podem ser utilizados aquecedores para elevação da mesma.

A sensibilidade dos testes de provocação ao frio variam de 60 a 80 %.

Aplicam-se adicionalmente oclusões arteriais em alguns testes durante a imersão em água fria. A temperatura da água utilizada no teste e o tempo de duração da imersão não estão padronizados.

Outros métodos relacionados ao fluxo sanguíneo

O fluxo superficial sanguíneo pode ser registrado pela utilização de uma fotocélula pletismográfica incorporada ao teste de provocação pelo frio. O fluxo sanguíneo total nos dedos pode ser medido por um pletismógrafo. Adicionando-se dispositivos para oclusão arterial e controle da temperatura obtêm-se uma análise detalhada da resposta do fluxo sanguíneo em determinado dedo, incluindo a medição da pressão sanguínea sistólica. As respostas dos dedos afetados e não afetados num mesmo indivíduo são comparadas para fins de controle.

Testes para avaliação da componente neurológica

Estesiometria

A percepção sensorial de profundidade e de discriminação de dois pontos podem ser testados utilizando-se um estesiômetro. Embora haja publicação de valores considerados normais, estes devem ser confirmados quando do uso de um determinado equipamento. Os resultados podem ser úteis em bases longitudinais e na comparação de grupos. Medidas singulares não produzirão diagnóstico significativo.

Medições do limite vibrotátil

Esta técnica visa medir a sensibilidade dos receptores da pele aos estímulos de vibração. Esse método é realizado através da utilização de uma pequena sonda vibrante contra a qual o dedo aplica uma pressão constante.

A intensidade da vibração varia de maneira similar a variação do estímulo auditório durante audiometria. Os resultados dependem da idade e estão sujeitos a mudanças no limiar temporário devido a exposições prévias à vibração. Aplicam-se para diferenciar grupos de trabalhadores com diferentes experiências de exposição, mas não para diagnosticar bases individuais.

Medida do limiar de temperatura

A sensibilidade dos dedos à temperatura pode ser anormal nos casos de *HAVS*. Os limiares de dor à temperatura podem ser elevados e a temperatura da zona de neutralidade expandida. Testes requerem o uso de sonda especialmente construída para esse propósito, a qual permite o controle da taxa de mudança de temperatura. A resposta do indivíduo é obtida pela ativação de um dispositivo, na medida em que são percebidas as sensações de frio ou calor.

Eletrofisiologia

A medição da velocidade de condução do nervo mediano é uma técnica padrão para a diagnose da síndrome do túnel do carpo. Em muitos departamentos de neurologia existem disponíveis aparatos adequados para aplicação dessa técnica.

Em trabalhadores que apresentam *HAVS* tem-se registrado decréscimos nas velocidades de condução sensória e motora dos nervos mediano e ulnar, no entanto, essas mudanças não devem-se apenas aos danos causados pela vibração.

Sistema esquelético

Via de regra não é necessário exame radiológico. Em circunstâncias especiais, a espinha cervical, cotovelos, pulso e ossos do carpo podem requerer exames.

Radiologias dos membros superiores não são recomendadas nas vigilâncias de rotina.