

IRLON DE ÂNGELO DA CUNHA

**Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços
em marmorarias no município de São Paulo:
proposição de procedimento alternativo de medição**

Tese apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo, para a
obtenção do título de doutor em
Engenharia

São Paulo
2006

IRLON DE ÂNGELO DA CUNHA

**Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços
em marmorarias no município de São Paulo:
proposição de procedimento alternativo de medição**

Tese apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo, para a
obtenção do título de doutor em
Engenharia

Área de concentração:

Engenharia Mineral

Orientador:

Professor Titular

Sérgio Médici de Eston

São Paulo
2006

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador
São Paulo, de novembro de 2006

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Cunha, Irlon de Ângelo da
Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços em marmorarias no município de São Paulo : proposição de procedimento alternativo de medição / Irlon de Ângelo da Cunha. -- ed.rev. -- São Paulo, 2006.
153p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1. Mineração de rochas de revestimento – São Paulo (SP)
2. Exposição ocupacional (Danos) 3. Vibrações de máquinas (Medição) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II. t.

Aos trabalhadores das marmorarias e a todos que de alguma forma buscam a melhoria das condições de trabalho nesse setor produtivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, força maior sempre presente.

Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston pela confiança, orientação e apoio ao longo desta trajetória.

À FUNDACENTRO, que permitiu e deu condições para a realização deste estudo.

À Maria Salete, Willian e Larissa pelo carinho e paciência no dia a dia.

Ao Eduardo Giampaoli, pelas valiosas discussões e sugestões ao longo do desenvolvimento deste trabalho e amizade.

À Ana Maria Tibiriçá Bon, pelo importante suporte nas atividades de campo, amizade e companheirismo.

Ao José Damásio de Aquino e Wilson Siguemasa Iramina pelas críticas e sugestões.

À Norma Conceição do Amaral e Leila Cristina Alves Lima pelo auxílio e dedicação nos trabalhos de avaliação ambiental.

Ao Sr. Guilherme Perez Diaz, pela colaboração nas atividades realizadas no laboratório de Instrumentação.

Ao Marco Antônio Bussacos, pela orientação e sugestões com relação às análises estatísticas.

Aos trabalhadores das marmorarias, às empresas e respectivos representantes pela colaboração no processo de avaliação.

Ao SENAI, unidade Mário Amato pelo empréstimo de equipamentos para os testes em Laboratório.

À Solange Regina Shaffer e Carlos Sérgio da Silva, pela compreensão e apoio durante execução desta atividade.

À Maria Cristina Aguiar Campos, pela cordialidade e ajuda nos textos em alemão.

Ao Amarildo Aparecido Pereira, pela colaboração no preparo do material de campo.

A todos os colegas da Coordenação de Higiene do Trabalho e de outras áreas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

No Brasil, como em outros países, podem ser encontrados milhões de trabalhadores com distúrbios e problemas resultantes da exposição ocupacional a vibrações mecânicas. No entanto, são escassos, os estudos e as pesquisas voltados a esse agente, seja com relação ao seu reconhecimento, à sua avaliação ou ao seu controle. Neste trabalho estimou-se a exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços dos trabalhadores que atuam nas atividades de acabamento, em marmorarias no município de São Paulo. Os principais critérios técnicos internacionais relacionados ao agente, sua aplicação e interpretação são discutidos frente à legislação nacional. Para a obtenção de um sinal de vibração representativo da exposição dos trabalhadores, utilizou-se um procedimento alternativo de medição, mediante uso de um mini-acelerômetro triaxial e um adaptador de palma fixado diretamente nas mãos dos operadores. Dessa forma, procurou-se contabilizar de modo mais representativo as diversas posturas, forças e posições aplicadas durante a execução das atividades. Foram avaliados os processos de acabamento a seco e a úmido em treze marmorarias do município de São Paulo de um total de vinte e cinco empresas visitadas. Os resultados indicam que há uma predominância das exposições acima do nível de ação ($A(8)=2,5 \text{ m/s}^2$) em vigor na Comunidade Européia a partir de 2005, sendo importante a adoção de medidas preventivas e de vigilância à saúde dos operadores. Em contrapartida, os Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRAs) presentes em parte das empresas abordadas, não fazem menção ao agente, apesar da obrigatoriedade legal. São sugeridas estratégias voltadas à prevenção e ao controle, com base nas observações de campo e nos estudos efetuados junto à bibliografia especializada.

ABSTRACT

In Brazil, such as in others countries, millions of workers have problems and disturbs related with human exposure to vibration. In spite of that, exist few studies and researches related to recognition, evaluation and control of this agent. In this study it was estimated the occupational exposure to hand-arm vibration of workers involved in ornamental stone enterprises in São Paulo city. The main International technical standards related to this agent, it's application and interpretation are discussed facing Brazilian's regulations. In order to obtain a representative information of worker's exposure to vibration, it was used an alternative procedure based on a palm adapter and a mini accelerometer. Both were fixed on the worker's palm and aimed to take into account the different postures, forces and positions applied by operators during their activities. The evaluation's process and vibration measurements included dry and wet cutting, grinding and polishing of granite and marble in thirteen enterprises in São Paulo city of a total of twenty five enterprises visited. The results indicated that there is a predominance of worker's exposure above the action level ($A(8) = 2,5\text{m/s}^2$) in force by European Community since 2005, implying the application of preventive measures and worker's health surveillance. On the other hand, the Preventive Programs for Environmental Risks presented by the enterprises visited, did not mention anything about the agent, in spite of legal obligation set out by Brazilian's regulations. Suggestions related to control and prevention strategies are set out based on field's observation and literature revision.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	5
1.2 Justificativa	6
1.3 Estrutura do Trabalho	7
2 UM PANORAMA GERAL DO SETOR DE MARMORARIAS	9
2.1 Aspectos Econômicos	9
2.2 O Processo Produtivo	11
2.3 Exposição Ocupacional dos Trabalhadores nas marmorarias	14
3 CRITÉRIOS TÉCNICO-LEGAIS RELACIONADOS À VIBRAÇÃO	19
3.1 Quanto à Caracterização do Risco	19
3.2 Quanto à prevenção e ao controle do risco	20
3.3 Quanto à Previdência Social	22
3.4 Principais Limites e Critérios Internacionais Relativos à Exposição às vibrações mecânicas	23
3.4.1 Normas Internacionais ISO	23
3.4.2 Limites de exposição da ACGIH para vibração	25
3.4.3 Diretiva 2002/44/EC da Comunidade Européia	29
4 VIBRAÇÃO PRODUZIDA EM ESMERILHADEIRAS E LIXADEIRAS	32
5 MEDIÇÃO CONFORME A NORMA ISO 5349:2001 E A AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO	40
5.1 Requisitos conforme ISO 5349:2001	40
5.1.1 Localização e fixação dos acelerômetros	40
5.1.2 Principais tipos de adaptadores presentes no mercado.	43
5.2 Estudos e tendências relacionados à avaliação do agente	44
6 MATERIAL E MÉTODOS	46
6.1 População de estudo e limitações	46
6.2 Descrição dos ambientes e das condições de trabalho nas marmorarias	47
6.2.1 Aspectos construtivos das marmorarias	48
6.2.2 O processo produtivo	49

6.3 Caracterização das ferramentas elétricas utilizadas no processo de acabamento a seco e a úmido.	51
6.4 Avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços (VMB)	53
6.4.1 Procedimentos de medição conforme ISO 5349	54
6.4.2 Procedimento alternativo de medição da VMB	55
6.4.3 Estimativa da exposição dos acabadores à VMB	60
6.5 Identificação das medidas preventivas relacionadas à VMB no âmbito das marmorarias	62
6.6 Incertezas associadas às medições e à exposição diária à vibração	63
6.7 Sistema de medição e acessórios	64
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
7.1 Ferramentas utilizadas nos setores de acabamento nas marmorarias avaliadas.	67
7.2 Resultados da pesquisa no banco de dados Europeu Centralizado sobre vibrações em mãos e braços	69
7.3 Vibração medida durante as operações de desgaste e acabamento nas marmorarias	77
7.3.1 Estimativa e análise da exposição ocupacional dos acabadores à vibração em mãos e braços	85
7.4 Acelerações medidas em ensaios com diferentes situações e características de montagem dos acelerômetros	104
7.5 Quanto às ações preventivas existentes nas empresas relacionadas à VMB	116
8 CONCLUSÕES	117
8.1 Quanto ao procedimento alternativo de medição	117
8.2 Quanto à exposição dos acabadores e a substituição do processo a seco pelo processo a úmido.	118
8.3 Quanto aos aspectos de prevenção e controle do risco	120
9 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	122
9.1 Proposta de modificações para o adaptador de palma	122
9.2 Confeção de dispositivo para contagem cumulativa do tempo de operação	123
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124

GLOSSÁRIO ----- 132

APÊNDICES ----- 135

ANEXOS ----- 145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variação anual comparada das exportações totais brasileiras e do setor de rochas ornamentais – 2001 a 2005	9
Tabela 2: Distribuição das marmorarias no Município de São Paulo segundo o porte.....	15
Tabela 3: Tipos de protetores auditivos utilizados por setor.....	16
Tabela 4: Limites de exposição das mãos em quaisquer direções x_h , y_h , z_h	26
Tabela 5: Diretiva 2002/44/CE - limites de exposição e níveis de ação	30
Tabela 6: Métodos de montagens de acelerômetros conforme ISO 5349:2001.....	41
Tabela 7: Exemplos de adaptadores conforme ISO 5349:2001	42
Tabela 8: Ferramentas pneumáticas a água adquiridas por marmorarias de diversos estados no período de setembro de 2003 a agosto de 2005	52
Tabela 9: Relação dos equipamentos e acessórios utilizados no estudo	65
Tabela 10: Principais modelos de ferramentas encontrados nas marmorarias avaliadas e suas especificações básicas.....	68
Tabela 11: Vibração medida em esmerilhadeiras angulares elétricas em situações de trabalho relacionadas ao beneficiamento de rochas ornamentais, segundo banco de dados do NIWF	71
Tabela 12: Dados da vibração em situações de trabalho e de ensaio normalizado (CE), para ferramentas elétricas e pneumáticas classificadas como esmerilhadeiras/politrizes segundo banco de dados do NIWF	73
Tabela 13: Dados da vibração em situações de trabalho e de ensaio normalizado (CE), para ferramentas elétricas classificadas como esmeril reto e serra circular segundo critério do NIWF	76
Tabela 14: Vibração medida durante as operações de corte, desbaste e acabamento, com processo a seco	78
Tabela 15: Vibração medida durante as operações de acabamento fino e lustro com lixas, processo a seco.....	81
Tabela 16: Vibração medida durante operações de desbaste, acabamento e lustro com processo a úmido	83
Tabela 17: Acelerações médias relativas às operações a seco com montagem do acelerômetro conforme ISO 5349:2001 parte 2.....	86
Tabela 18: Acelerações médias calculadas a partir do banco de dados do NIWF	87

Tabela 19: Acelerações médias relativas às operações a seco com fixação do acelerômetro nas mãos dos operadores	87
Tabela 20: Exposição normalizada em função da composição das operações, considerando montagens dos acelerômetros junto às mãos dos operadores, conforme procedimento de medição alternativo.....	94
Tabela 21: Exposição normalizada em função da composição das operações, considerando a montagem dos acelerômetros no punho auxiliar, conforme ISO 5349:.....	95
Tabela 22: Acelerações médias relativas às operações a úmido com montagem do acelerômetro conforme ISO 5349:2001	100
Tabela 23: Exposição diária normalizada em função da composição das operações, considerando a montagem dos acelerômetros no punho auxiliar, conforme ISO 5349: processo a úmido.....	101
Tabela 24: Acelerações obtidas nos ensaios em laboratório com diferentes montagens e posicionamento dos transdutores	106
Tabela 25: Resultados da análise de variância (ANOVA) com 1 fator	108
Tabela 26: Acelerações obtidas em medições simultâneas com montagens sobrepostas em situações diferenciadas	112
Tabela 27: Resultados da análise de variância (ANOVA) com 2 fatores	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exportação brasileira do setor de rochas ornamentais no período 2004 a 2006.....	10
Figura 2: Fluxograma simplificado de uma marmoraria	11
Figura 3: Setor de corte com serra manual e serra automática	12
Figura 4: Setores de acabamento de algumas marmorarias	13
Figura 5: Relação dose-resposta para exposições à vibração em mãos e braços	24
Figura 6: Limites da aceleração longitudinal (a_z) em função da frequência e do tempo de exposição	28
Figura 7: Limites da aceleração transversal (a_x, a_y) em função da frequência e do tempo de exposição	28
Figura 8: Direções para medição, posição dos transdutores e ponto de aplicação (\otimes) da força durante ensaio.....	34
Figura 9: Posição do operador durante o ensaio	35
Figura 10: Direções de medição e localização dos transdutores, conforme ISO 8662-8 (1997).....	36
Figura 11: Acelerações medidas em esmerilhadeiras angulares durante atividades de trabalho.....	38
Figura 12: Principais tipos de adaptadores disponibilizados por vários fabricantes.....	43
Figura 13: Detalhes dos adaptadores para mãos e punhos.....	44
Figura 14: Exemplo de acessórios utilizados em ferramentas com processo à água, para as operações de desbaste, acabamento fino e lustro.	51
Figura 15: Montagens dos acelerômetros com abraçadeira	54
Figura 16: Posições de preensão das ferramentas durante as operações de desbaste e acabamento.....	56
Figura 17: Tipos e condições de punhos auxiliares de lixadeiras	56
Figura 18: Adaptador de palma	57
Figura 19: Montagem do adaptador de palma	57
Figura 20: Montagem alternativa do acelerômetro.....	59
Figura 21: Montagens sobrepostas com dois acelerômetros triaxiais.....	60

Figura 22: Ilustração dos principais equipamentos utilizados	66
Figura 23: Distribuição do tempo total diário de contato do operador com a vibração (Tc)	89
Figura 24: Distribuição do tempo de duração das operações típicas ao longo da jornada diária de trabalho nas marmorarias.....	90
Figura 25: Montagens relativas aos registros 1, 2 e 3 da Tabela 14	99
Figura 26: Exposições diárias relativas aos processos a seco e a úmido em função das composições das operações no tempo	102
Figura 27: Intervalos de confiança (95%) para a distribuição da aceleração de exposição normalizada A(8), em função do tipo de processo e da montagem de acelerômetro utilizada	104
Figura 28: Orientação dos eixos utilizados nos ensaios.....	105
Figura 29: Posicionamentos do acelerômetro no punho auxiliar.....	107
Figura 30: Variação da vibração ao longo do punho auxiliar.....	109
Figura 31: Proposição de modificações no adaptador de palma.....	123

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Expressão de cálculo da duração total da exposição do grupo em anos, necessária para ocorrência dos episódios de branqueamento nos dedos em 10% dos expostos.....	24
Equação 2: Expressão de cálculo da exposição diária à vibração, em função da aceleração equivalente em energia para 8 horas resultante dos três eixos	25
Equação 3: Expressão de cálculo da exposição diária à vibração, em função das acelerações médias parciais resultantes dos três eixos	25
Equação 4: Expressão de cálculo da aceleração de exposição normalizada.....	90
Equação 5: Expressão de cálculo do tempo necessário para atingir o nível de ação	93
Equação 6: Expressão de cálculo do tempo necessário para atingir o limite de exposição ocupacional.....	93
Equação 7: Expressão de cálculo da aceleração equivalente, ponderada em frequência, segundo o eixo dominante, conforme norma ISO 5349:1986	96
Equação 8: Expressão de cálculo da aceleração equivalente na direção do eixo x.....	96

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

<i>A(8)</i>	Aceleração de Exposição Normalizada
<i>ACGIH</i>	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
<i>AIHA</i>	American Industrial Hygiene Association
$(a_{h,w})_{eq(T)}$	Aceleração ponderada equivalente, relativa ao período T
a_{mj}	Aceleração Média na direção j
a_{mr}	Aceleração Média Resultante
<i>CE</i>	Comunidade Européia
<i>CRST</i>	Centro de Referência em Saúde do Trabalhador
<i>FMV</i>	Ferramenta Manual Vibratória
<i>FUNDACENTRO</i>	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
<i>GES</i>	Grupo de Exposição Similar
<i>HSE</i>	Health & Safety Executive
<i>ISO</i>	International Organization for Standardization
<i>LEO</i>	Limite de Exposição Ocupacional
<i>MTE</i>	Ministério do Trabalho e Emprego
<i>NIOSH</i>	National Institute for Occupational Safety and Health
<i>NIWF</i>	National Institute for Working Life
<i>NA</i>	Nível de Ação
<i>NR</i>	Norma Regulamentadora
<i>OIT</i>	Organização Internacional do Trabalho
<i>PAIRO</i>	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional
<i>PPRA</i>	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
<i>PA</i>	Punho Auxiliar da ferramenta

<i>PP</i>	Punho Principal da ferramenta
<i>PPPA</i>	Programa de Prevenção de Perdas Auditivas
<i>SVMB</i>	Síndrome da vibração em Mãos e Braços
<i>VCI</i>	Vibração de corpo inteiro
<i>VMB</i>	Vibração em mãos e braços
<i>VPA</i>	Vibration Power Absortion
<i>VWF</i>	Vibration White Finger

1 INTRODUÇÃO

As atividades realizadas na indústria da mineração e em outros setores produtivos expõem os trabalhadores a diversos riscos à saúde. A vibração em mãos e braços (VMB), também denominada de vibração localizada, está presente nas operações com ferramentas manuais vibratórias e pode provocar entre outros distúrbios, alterações de ordem vascular, neurológica, osteoarticular e muscular, resultando em prejuízos aos trabalhadores e conseqüentemente às empresas devido a redução da capacidade laboral. Esses efeitos foram apontados por vários pesquisadores e instituições (BRAMMER, 1982; BOVENZI et al., 1995; BOVENZI, 1998; FOMRCP, 1993; HSE, 1994; MIRBOD et al., 1992, 1994; WASSERMAN, 1987).

As alterações de ordem vascular ocasionadas pela vibração são caracterizadas pelo embranquecimento dos dedos ou das mãos e via de regra provocadas pelo frio. Essas alterações específicas são denominadas na terminologia médica por “dedo branco induzido pela vibração”. O conjunto dos principais efeitos à saúde ocasionados pela exposição à esse agente é denominado de Síndrome da Vibração em Mãos e Braços (SVMB). Esses efeitos foram observados em atividades que utilizavam esmerilhadeiras, lixadeiras e politrizes elétricas e pneumáticas, conforme estudos citados por Griffin (1996), relacionados no anexo A.

A severidade dos efeitos biológicos da vibração transmitida às mãos é influenciada pelos seguintes parâmetros: exposição acumulada ao longo dos anos; espectro de frequências da vibração; magnitude e direção do sinal de vibração transmitido às mãos; duração da exposição diária; configuração da exposição ao longo do tempo (exposições contínuas, com pausas, períodos de descanso e respectivos tempos relativos); métodos de trabalho; magnitude e direção das forças aplicadas pelo operador ao segurar a ferramenta ou a peça trabalhada; posturas das mãos e braços; posição do corpo durante a operação (ângulos dos pulsos, cotovelos e ombros); tipo e condição da ferramenta ou peça trabalhada; área e localização das partes das mãos expostas à vibração (GRIFFIN, 1996; ISO, 1986, 2001a).

Pesquisas realizadas por Mirbod, Inaba, e Iwata, (1992) estimaram que cerca de 1,3 milhões de trabalhadores no Japão e de 2 a 4% de todos os trabalhadores europeus estariam expostos à vibração em mãos e braços. No Reino Unido, segundo Brereton (1998), cerca de quatro milhões de pessoas estariam utilizando equipamentos vibratórios, desse total um milhão apresentaria exposições acima do nível de ação. A preocupação com esse agente motivou a Comunidade Européia à elaboração de uma Diretiva (COMMUNAUTÉ EUROPÉENE, 1993) e posteriormente à proposição de níveis de ação e limites de exposição (EUROPEAN COMMISSION, 2002).

A interpretação e aplicação das principais normas e critérios técnicos internacionais, relacionados à avaliação da exposição ocupacional às vibrações mecânicas, suas relações dose-resposta e limites de exposição, têm sido objeto de discussão por parte de profissionais e de instituições que atuam na área ocupacional, devido às diferenças e divergências entre os diversos critérios e à carência de estudos que possam trazer melhor clareza nas relações dose-resposta, tanto para as vibrações localizadas como às de corpo inteiro (BAILEY, 1977; GEMME, 1998; GERHARDSSON et al., 1998; GRIFFIN, 1980, 1996, 1998; PELMEAR et al. 1989; TOMINAGA, 1982).

As pesquisas sobre a avaliação e o controle da exposição ocupacional às vibrações mecânicas no Brasil são escassas. Estudos voltados à caracterização do risco nos diversos setores produtivos são necessários a fim de gerar mais informações sobre a incidência¹, a latência¹ e a influência de outras variáveis na aquisição da síndrome da vibração¹ decorrente da exposição ocupacional a equipamentos vibratórios, bem como o desenvolvimento de ações preventivas e de controle da exposição (CARNICELLI, 1994; CUNHA, 2000).

Em 1999 o Ministério Público do Estado de São Paulo iniciou o Projeto Marmoristas (MPSP, 2001) cujo principal objetivo era abranger todas as empresas do ramo de marmoraria no município de São Paulo, a fim de mitigar determinados riscos ocupacionais presentes nesses ambientes de trabalho, em especial os problemas

¹ Conforme definições.

relativos à silicose, à perda auditiva induzida pelo ruído elevado e aos distúrbios ósteo-musculares. Esses riscos foram considerados, comuns a todas as empresas desse ramo de atividade devido às condições relativamente similares de trabalho e sua forma de organização.

Entre as unidades da federação brasileira que desenvolvem atividades com minerais não-metálicos, destaca-se o Espírito Santo, maior produtor nacional de mármore e similares e segundo produtor de granitos e similares, conforme dados do SINDIROCHAS (2002a). Os estados de Minas Gerais, Bahia e São Paulo são também produtores em expansão seguidos pelos estados do Ceará, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná, Pernambuco, Santa Catarina e Goiás (ABREU, 1978; MELLO, 2000).

No Brasil podem ser encontradas em torno de 600 variedades comerciais de rochas ornamentais cuja produção e comercialização são realizadas por 11.100 empresas das quais, 1.000 operando na lavra, 2.000 no beneficiamento primário em serrarias, 600 na exportação, 7.000 no beneficiamento final em marmorarias e 500 em serviços e demais atividades industriais, (CHIODI FILHO, 2003).

Segundo Mello et al. (2004), as marmorarias existentes no Estado de São Paulo estão distribuídas em 157 municípios com aproximadamente 1.220 empreendimentos registrados. Esse número poderia chegar a 3.000 mil marmorarias correspondendo a mais de 40% do total dessas empresas no Brasil. Apesar da existência de empresas maiores com maior número de funcionários, em geral cada marmoraria emprega entre 5 a 15 funcionários.

Os dados citados nos parágrafos anteriores, indicam que boa parte das atividades de beneficiamento final das rochas ornamentais, são realizadas por considerável número de empresas com poucos empregados. Por outro lado, esses processos produtivos utilizam uma grande quantidade de ferramentas manuais vibratórias de vários tipos, conforme dados do SINDIROCHAS (2002b), além de veículos e máquinas, que também expõem uma grande quantidade de trabalhadores à vibração mecânica.

Este trabalho aborda a exposição ocupacional à vibração em mãos e braços dos trabalhadores que atuam nas marmorarias nos setores de acabamento. Foram também discutidas as implicações relativas à mudança do processo a seco para o processo a úmido, mediante a substituição de ferramentas manuais elétricas por ferramentas pneumáticas a água.

As hipóteses básicas consideradas no início do trabalho com base nas visitas preliminares realizadas nas empresas, na fase de reconhecimento do risco, foram:

1ª) - A montagem de um acelerômetro diretamente na palma da mão do operador, para medição da vibração em mãos e braços nas operações de acabamento, produz valores mais representativos da exposição dos acabadores comparado aos procedimentos de montagem junto aos punhos das ferramentas estabelecidos pela ISO 5349/2001. Essa hipótese foi formulada com base na observação das atividades realizadas por diversos acabadores nas marmorarias.

2ª) - As mudanças que vêm ocorrendo pela substituição do processo a seco nos setores de acabamento das marmorarias pelo processo a úmido, com a utilização de ferramentas pneumáticas a água, pode contribuir para redução da exposição ocupacional dos trabalhadores à VMB.

3ª) - A exposição à vibração, presente nos processos de acabamento nas marmorarias, não vem sendo considerada ou abordada de forma adequada do ponto de vista técnico-legal pelas próprias empresas e pelos agentes contratados por estas para o desenvolvimento dos Programas de Prevenção dos Riscos Ambientais.

1.1 Objetivos

Propor um método alternativo de medição da vibração em mãos e braços, mediante montagem de um mini-acelerômetro triaxial junto às mãos dos operadores nas atividades de acabamento, nas marmorarias, em contrapartida aos procedimentos estabelecidos pela ISO 5349:2001 que prevê montagem dos acelerômetros e adaptadores junto aos punhos das ferramentas.

Discutir as implicações da substituição do processo a seco pelo processo a úmido nos setores de acabamento com relação à exposição ocupacional dos trabalhadores à vibração.

Identificar o agente no contexto das empresas avaliadas em relação aos critérios técnico-legais voltados à caracterização, avaliação e controle da exposição humana às vibrações mecânicas.

1.2 Justificativa

No Brasil, diversos problemas de ordem ocupacional presentes nas marmorarias vêm sendo estudados e abordados por vários profissionais, instituições e órgãos governamentais. No entanto, observa-se que a exposição ocupacional à vibração não vem sendo considerada nesse contexto, apesar da utilização intensa de ferramentas manuais motorizadas nesse tipo de atividade.

A norma ISO 5349: 2001 fornece os requisitos para avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços. Segundo os procedimentos estabelecidos por essa norma, a montagem dos acelerômetros deve ser feita junto à superfície vibrante de forma rígida. Quando há a presença de material resiliente nos punhos das ferramentas, permite-se a utilização de adaptadores para montagem dos acelerômetros junto aos punhos.

O procedimento proposto de montagem dos acelerômetros junto às mãos dos operadores possibilita a medição em situações onde é difícil a montagem dos acelerômetros de forma rígida, por exemplo, nas atividades em que são realizadas mudanças significativas e freqüentes nas posições das mãos ao longo dos punhos e no corpo das ferramentas, durante operações rotineiras. Esse tipo de montagem permite de modo mais fácil, a obtenção de um sinal de vibração representativo da exposição dos operadores que trabalham nessas condições.

Procurou-se identificar e explorar os diversos aspectos relacionados à caracterização da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços no setor de acabamento das marmorarias. Foram realizados ensaios em laboratório e coletados dados de exposição em situações rotineiras de trabalho, a fim de comparar os procedimentos estabelecidos em norma Internacional (ISO 5349) e o procedimento alternativo de montagem proposto.

1.3 Estrutura do Trabalho

Com base nas considerações gerais e objetivos propostos no primeiro capítulo, o texto foi estruturado em nove capítulos do seguinte modo:

O capítulo 2 traz de forma sucinta um panorama sobre os aspectos econômicos e o processo produtivo nas marmorarias, focando a importância desse setor no contexto nacional e internacional. Os principais problemas ocupacionais decorrentes desse tipo de atividade são citados considerando-se diversas pesquisas realizadas no país.

O capítulo 3 apresenta e discute os critérios legais vigentes no Brasil e os principais limites e critérios internacionais relacionados ao agente, sua interpretação e aplicação.

No capítulo 4 são abordadas as normas internacionais para testes das esmerilhadeiras e politrizes manuais motorizadas e os níveis de vibração encontrados em diversos trabalhos de pesquisa em condições habituais de exposição dos operadores.

Os requisitos e procedimentos sobre a montagem dos acelerômetros e os diversos tipos de adaptadores disponíveis no mercado, suas aplicações e restrições são apresentadas no capítulo 5.

O capítulo 6, discorre sobre a metodologia aplicada e o instrumental usado na medição da exposição à vibração em campo, em condições rotineiras de exposição dos operadores, e durante testes realizados em laboratório. São também descritos os procedimentos utilizados na identificação e caracterização das ferramentas utilizadas nos setores de acabamento das marmorarias e os procedimentos aplicados na identificação de níveis de vibração em ferramentas (dados de ensaio) ou de exposição de trabalhadores em atividades de beneficiamento de rochas ornamentais, presentes em outros bancos de dados e estudos.

O capítulo 7 traz os resultados da vibração medida nas avaliações em campo e durante os ensaios em laboratório, bem como os dados relacionados à caracterização das ferramentas e processo de trabalho nas marmorarias. Para facilitar a apresentação, as discussões dos resultados foram incluídas neste capítulo devido a abrangência do tema.

As conclusões sobre a exposição ocupacional ao risco são descritas no capítulo 8. Finalizando, o capítulo 9 traz as sugestões para futuras abordagens e pesquisas com o foco na identificação do risco e melhoria das condições de trabalho dos operadores expostos à VMB.

2 UM PANORAMA GERAL DO SETOR DE MARMORARIAS

2.1 Aspectos Econômicos

A contribuição geral do setor de rochas ornamentais no ranking das exportações brasileiras no período de 2001 a 2005 é citada na Tabela 1. Segundo Mello et al. (2004), os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia respondem por 70% da produção brasileira, e o mercado interno utiliza cerca de 75% dessa produção. A região sudeste responde por, pelo menos, 85% das exportações e importações do país. O maior centro consumidor está na região sudeste e é constituído pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, onde se localizam pelo menos 75% das marmorarias brasileiras.

Tabela 1: Variação anual comparada das exportações totais brasileiras e do setor de rochas ornamentais – 2001 a 2005

Período	Exportações			
	Total Brasil	Variação	Setor de Rochas	Variação
	US\$ milhões	%	US\$ milhões	%
2001	58.222,64	5,69	280,17	3,18
2002	60.361,78	3,67	338,80	20,93
2003	73.084,14	21,18	429,38	26,97
2004	96.475,22	32,00	600,96	39,97
2005	118.308,27	22,63	789,97	31,45

[Fonte: ABIROCHAS, 2006a]

A participação das exportações de rochas ornamentais, no total das exportações brasileiras, evoluiu de 0,48% em 2001 para 0,67% em 2005 (ABIROCHAS, 2006a).

As exportações brasileiras realizadas para o setor de rochas ornamentais atingiram em 2004, 2005 e primeiro semestre de 2006 um volume de exportação da

ordem de US\$ 601 milhões, US\$ 790 milhões e US\$ 474 milhões respectivamente, conforme dados da ABIROCHAS (2006b), Figura 1.

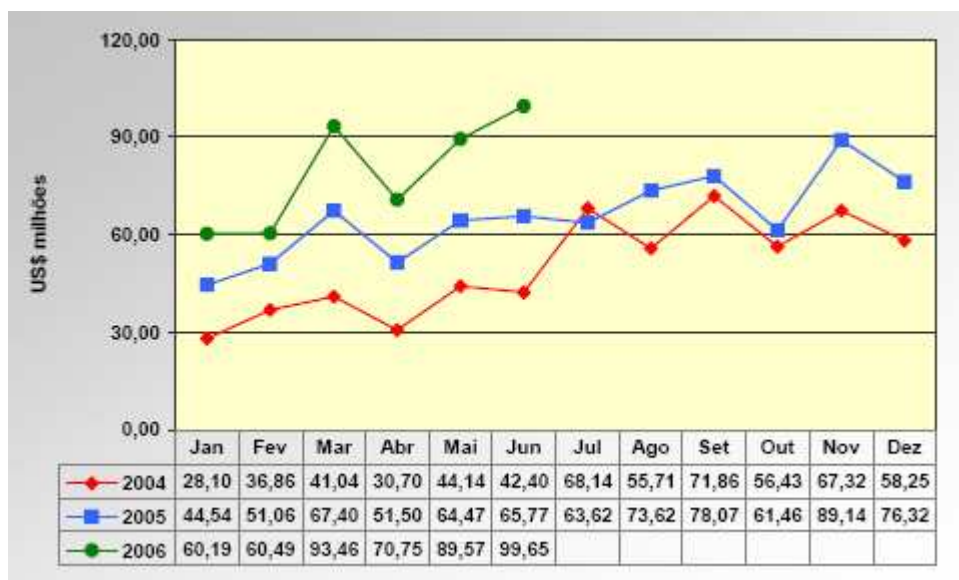


Figura 1: Exportação brasileira do setor de rochas ornamentais no período 2004 a 2006
[Fonte: ABIROCHAS, 2006b]

Entre os principais materiais utilizados como rochas ornamentais se destacam o granito, o mármore, as ardósias, o travertino, os quartzitos, os arenitos e os conglomerados. Entre 60 e 70% da produção mundial é destinada aos mercados internos dos países produtores, o restante é voltado ao comércio internacional. Os negócios da indústria de rochas naturais movimentam em torno de US\$ 50 bilhões por ano com as vendas internas e externas dos países produtores e com o comércio de máquinas e equipamentos do setor. Em 2002 a extração total mundial atingiu 67,5 milhões de toneladas, distribuídas entre os seguintes países: China (20,8%), Itália (11,9%), Índia (9,6%), Espanha (7,9%), Irã (6,3%), Brasil (4,1%), Turquia (3,7%), Portugal (3,4%) e outros (32,4%), conforme Mello et al.(2004).

O Brasil tem participado de forma significativa no mercado mundial de rochas ornamentais pela boa diversidade e ótima aceitação de suas matérias-primas, com destaque aos granitos. Em 2002 o volume físico produzido de blocos se classificou em sexto lugar, correspondendo a 4,1% da produção global. O perfil de exportação vem se alterando de forma progressiva na medida em que é crescente a comercialização de

produtos beneficiados, especialmente os produtos semi-acabados ou acabados padronizados de granitos, ardósias e quartzitos (MELLO et al. , 2004).

2.2 O Processo Produtivo

O processo de beneficiamento de rochas ornamentais inicia-se com o levigamento, que consiste no desgrossamento da chapa e retificação de sua superfície, para a obtenção de uma placa de mesma espessura e com uma superfície menos rugosa e áspera. Nesta fase são utilizadas politrizes manuais ou automáticas, com passagens sucessivas sobre a chapa, substituindo-se a granulação dos abrasivos que são fixados nos satélites das politrizes. O polimento é realizado pelo mesmo tipo de equipamento que realiza o levigamento, apenas alterando-se a granulação do abrasivo utilizado resultando numa superfície lisa e opaca. Na etapa seguinte, a lustração é feita para a obtenção de uma superfície lisa e com brilho, que realce as propriedades de textura e cor da rocha, mediante a aplicação de abrasivos nas coroas de polimento das politrizes para obtenção do brilho (lustre) desejado (SEBRAE, 1999).

Atualmente, as marmorarias têm se utilizado de placas já polidas, ao invés de placas brutas. A Figura 2 resume o processo de forma simplificada.

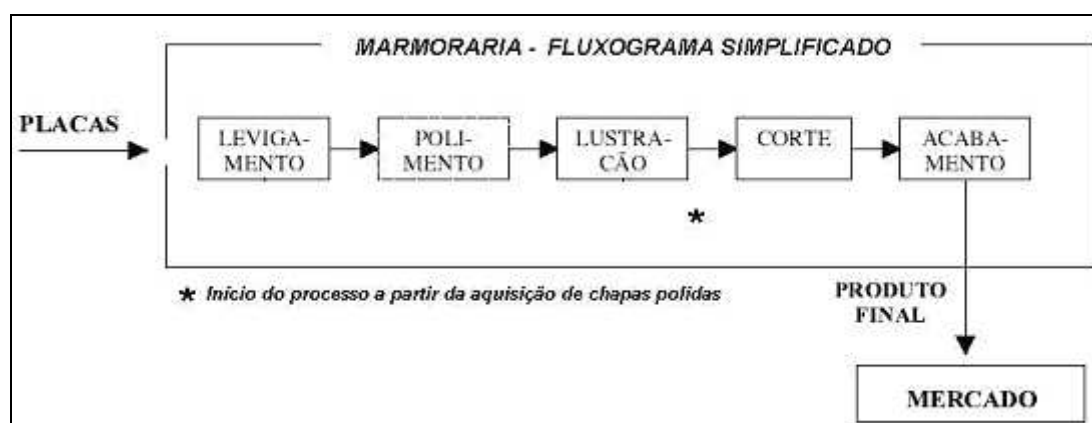


Figura 2: Fluxograma simplificado de uma marmoraria

[Fonte: modificado de SEBRAE, 1999]

O corte das placas nas dimensões e formas desejadas é realizado por serras manuais ou semi-automáticas que utilizam discos próprios para mármore ou granitos. Em muitos casos, após o corte, as peças passam por um processo de afeiçoamento ou apicoamento. O afeiçoamento consiste no acabamento final das partes cortadas, utilizando-se lixadeiras ou politrizes manuais, destinadas ao desbaste e polimento das rochas. O apicoamento consiste em piques de forma homogênea, realizados na superfície das chapas de granito para realçar-lhe a beleza, utilizando-se esmerilhadeiras manuais (SEBRAE, 1999).

Entre os acessórios utilizados nas lixadeiras destacam-se os discos abrasivos, diamantados e rebolos. Os discos de desbaste tipo fresa podem ser usados para obtenção de bordas precisas, o acabamento é realizado com lixas de diversas granulações, o processo em geral é a seco e em algumas situações verifica-se o uso de água. São também encontradas fresadoras para cortes de bordas em ângulos variados, às quais podem ser acoplados dispositivos de polimento de bordas. Além das politrizes manuais observa-se a presença de furadeiras e politrizes de bancada destinadas à furação e ao polimento de superfície do mármore e do granito (SEBRAE, 1999; HESTON, 2000). As Figuras 3 e 4 trazem ilustrações do setor de corte e acabamento em algumas marmorarias.



Figura 3: Setor de corte com serra manual e serra automática



Figura 4: Setores de acabamento de algumas marmorarias

Segundo Mello et al. (2004), o maquinário utilizado pelas marmorarias paulistas tem em geral de seis a sete anos de funcionamento, com predominância de máquinas e equipamentos nacionais, característica essa que implica a fabricação de produtos a partir de acabamento manual ou semi-mecanizado. Quando a necessidade de produção atinge maior escala, busca-se a utilização de formas mais sofisticadas de acabamento automatizado e a fabricação de produtos padronizados com a utilização de maquinário importado presente somente em empresas de maior porte.

Máquinas com tecnologia de ponta como serra-ponte e máquinas para acabamento de bordas (boleadeiras automáticas) estão presentes em apenas 1,5% das marmorarias no Estado de São Paulo SIMAGRAN-SP¹ (apud SANTOS, 2005, p.16).

¹ ROCHAS ON LINE. **Máquinas: é Tempo de Modernizar.** Disponível em <http://www.rochasonline.com.br/dicas/maquinas.asp>. Acesso em: 06 Julho 2002.

As atividades de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais são realizadas em diversos países e envolvem um grande número de trabalhadores. No Brasil, os dados da relação anual de informações sociais do Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS, 2002), apontavam 18.167 estabelecimentos nas atividades de mineração não metálica, dos quais, 15.383 (84,7%) possuíam até 19 empregados e 2.395 possuíam entre 20 a 99.

Segundo Mello et al. (2004), no Estado de São Paulo em geral, cada marmoraria emprega entre cinco e quinze funcionários. Esse número gira em torno de cinco para as micro empresas, nove para as pequenas e quinze para as médias. Quanto maior o porte da empresa, maior o tempo de permanência dos trabalhadores, os números médios são: 42 meses para as micros, 71 meses para as pequenas e 82 para as médias. O treinamento dessa mão-de-obra na sua maioria (88% dos casos) é realizado nas próprias marmorarias e decorre da experiência acumulada ao longo do tempo na atividade.

O ramo de atividade das marmorarias é classificado como Indústria e Comércio de Artefatos de Mármore e Granito, pertencendo ao setor secundário da economia. Os principais produtos ofertados são as pias e bancadas para banheiros e cozinhas, tampos de mesas, rodapés, pisos, soleiras etc. (SEBRAE, 1999).

2.3 Exposição Ocupacional dos Trabalhadores nas marmorarias

Segundo levantamentos realizados pelos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador (CRST) em marmorarias no município de São Paulo, foram cadastrados 2.252 trabalhadores pertencentes a 261 marmorarias inspecionadas no âmbito do projeto Marmorarias iniciado a partir de 1999. Com base nas informações fornecidas pelo CRST, observou-se que as funções denominadas de acabadores e serradores são as mais afetadas pelos riscos presentes nos ambientes de trabalho nos setores de acabamento e corte. A Tabela 2 traz uma classificação dessas empresas segundo o número de seus funcionários. A rotatividade de trabalhadores nas marmorarias foi considerada elevada (SES, 2001).

Tabela 2: Distribuição das marmorarias no Município de São Paulo segundo o porte

Nº de trabalhadores por empresa	Nº de empresas	%	% Acumulada	Classificação do porte*
0-5	94	36,0	36,0	Micro
6-10	93	35,7	71,7	Pequena
11-20	64	24,5	96,2	Media
>20	10	3,8	100,0	Grande
Total	261	100	-----	-----

*Sugerida por técnicos do CRST e FUNDACENTRO. Os dados são referentes ao período 1999 a 2001)

[FONTE: modificado de “Projeto Marmorarias, relatório SES (2001)]

Os resultados de exames audiométricos relativos ao período 1999 a 2001 realizados nos centros de referência da cidade de São Paulo (SES, 2001), em 427 trabalhadores de marmorarias (19% do total de cadastrados) indicaram Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído Ocupacional (PAIRO) em 57,8% dos avaliados. De um total de aproximadamente 255 empresas, apenas 30% dispunham de Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), exigidos respectivamente pelas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego NR-9 (BRASIL, 1995) e NR-7 (BRASIL, 1996a).

Índices elevados de perdas auditivas também foram identificados por Harger e Branco (2004) abrangendo 48% dos trabalhadores avaliados em marmorarias do Distrito Federal no estado de Goiás. Moreira et al. (2003) também constataram PAIRO em marmoristas na cidade de Belo Horizonte no estado de Minas Gerais. As doenças e incapacidade para o trabalho, decorrentes das atividades executadas nesses ambientes de trabalho podem ser objeto de ação de indenização na Justiça (BRASIL, 2002).

Na maioria das marmorarias do município de São Paulo, os trabalhadores estão expostos à poeira contendo sílica nos setores produtivos. O processo a úmido foi encontrado em 87,4% das empresas no setor de corte e em 15,2% no setor de acabamento. Em mais de 90% das empresas não existia ventilação exaustora e a

lavagem diária do piso ocorria em apenas 25% dos setores de corte e acabamento, conforme estudos dos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador. Casos de silicose foram observados em vários trabalhadores. Em relação ao ruído, os estudos o classificaram como elevado, sendo superior aos limites de tolerância [85dB(A)] em mais de 80% das empresas avaliadas. O controle da exposição era feito somente pelo uso de protetores auditivos. A Tabela 3 indica o tipo de protetor auditivo mais utilizado pelos trabalhadores (SES, 2001).

Tabela 3: Tipos de protetores auditivos utilizados por setor

Tipo de protetor auditivo utilizado	Setor considerado			
	Corte	%	Acabamento	%
Inserção	51	29,3	55	28,8
Concha	123	70,7	136	71,2
Total	174*	100,0	191*	100,0

* Total de registros contendo informações sobre o fornecimento/utilização de protetores auditivos

[FONTE: “Projeto marmorarias”, SES (2001)]

Segundo Bon (2006), em avaliações realizadas em 22 marmorarias no município de São Paulo foram encontradas exposições à poeira contendo sílica cristalina respirável com concentrações até 54 vezes o valor de referência de $0,05 \text{ mg/m}^3$ relativo ao Limite de Exposição Ocupacional (LEO) recomendado pela ACGIH (2005). Para a função de acabador, ocorreu a exposição excessiva à poeira contendo sílica, com 81% das empresas com probabilidade de ultrapassar o valor de referência citado. Em situações de exposição sem controle, a concentração de poeira respirável encontrada foi de $3,19 \text{ mg/m}^3$; para situações com controle a mesma caiu para $1,82 \text{ mg/m}^3$ e para exposições com máquinas e ferramentas com processos a úmido a concentração atingiu $0,55 \text{ mg/m}^3$.

Além dos problemas relacionados às perdas auditivas e silicose, estão presentes nas marmorarias os riscos devidos à manipulação de produtos tóxicos ou irritantes como: catalisadores, massas plásticas, solventes, resinas e ceras. Os problemas de

ordem ergonômica são decorrentes do levantamento e deslocamento manual de cargas, das posturas inadequadas e esforços físicos intensos e repetitivos, podendo gerar lombalgias e lesões músculo-esqueléticas. Os riscos de acidentes do trabalho são agravados pela presença de máquinas e equipamentos sem proteção adequada principalmente nas partes móveis, pela improvisação e precariedade das instalações e ferramentas, com destaque aos arranjos físicos inadequados e instalações elétricas deficientes, resultando na possibilidade de choque elétrico e lesões traumáticas segundo Moreira et al. (2003).

As mudanças tecnológicas no processo produtivo nas marmorarias vêm sendo observadas em empresas mais estruturadas, principalmente no setor de acabamento, onde se verifica a substituição do processo a seco pelo processo a úmido com a utilização de ferramentas pneumáticas a água, conforme observado por Moreira et al. (2003) em marmorarias de Belo Horizonte/MG no período de 2000 a 2003. Essa ocorrência também vem sendo percebida em outros estados.

Em São Paulo, estudos realizados em marmorarias da Capital indicaram que a mudança do processo de acabamento a seco para o acabamento a úmido reduz para 0,1% a probabilidade das concentrações ambientais ultrapassarem os valores de referência para as frações de poeira inalável e respirável e uma redução de 93% na quantidade de partículas suspensas no ar em comparação com as marmorarias que operavam com acabamento a seco (Santos, 2005).

Com relação à exposição à vibração de corpo inteiro (VCI), embora não seja objeto do presente estudo, ela ocorre para os trabalhadores que exercem a função de motorista nas marmorarias. Uma grande parcela de trabalhadores encontra-se exposta à vibração de corpo inteiro (VCI) em diversos tipos de atividades nos setores industriais, na área florestal e na mineração.

Entre as categorias mais afetadas pela VCI são citados os operadores de máquinas e veículos em geral, como, escavadeiras, pá-carregadeiras, tratores, máquinas florestais utilizadas no processamento de árvores, caminhões, ônibus etc. Estudos comprovam que trabalhadores expostos às vibrações de corpo inteiro em condições

severas podem apresentar distúrbios na região dorsal e lombar, problemas gastrintestinais, no sistema reprodutivo, visual e vestibular. Outras pesquisas evidenciam prejuízos nos discos intervertebrais e degeneração da coluna vertebral, entre outros efeitos (GRIFFIN, 1996).

A despeito dos vários estudos citados, a exposição à vibração em mãos e braços está presente nas operações que fazem uso de ferramentas manuais motorizadas elétricas e pneumáticas, entretanto, dentro do contexto nacional não se encontra abordagem quantitativa ou qualitativa com foco nesse agente nas atividades de acabamento das marmorarias.

3 CRITÉRIOS TÉCNICO-LEGAIS RELACIONADOS À VIBRAÇÃO

3.1 Quanto à Caracterização do Risco

A Legislação Brasileira em vigor (BRASIL, 1996b) prevê, por meio da Norma Regulamentadora NR-15 - Anexo nº 8, 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 avaliação da exposição deve ter por base os limites de exposição definidos pela Organização Internacional para a Normalização em suas normas ISO 2631 e ISO/DIS¹ 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;
- 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 será de grau médio, assegurando ao trabalhador a percepção de adicional incidente sobre o salário mínimo da região equivalente a vinte por cento. (BRASIL, 1996b).

As normas da Organização Internacional para Normalização relacionadas ao tema “vibração e choques em seres humanos” podem ser encontradas no endereço eletrônico da ISO, o qual cita 48 títulos (ISO, 2004). Entre essas normas, duas merecem atenção especial por servirem de base praticamente a todos os critérios técnicos-legais nacionais e internacionais relacionados à avaliação da exposição ocupacional às

¹ Em 1983, na data da publicação da portaria nº12 que alterou o anexo VIII da NR-15, esta norma encontrava-se na forma de rascunho de norma “*Draft International Standard – DIS*”.

vibrações. São elas a ISO 5349 para mãos e braços e a ISO 2631 para corpo inteiro. Elas indicam os procedimentos relativos à medição, à localização e direção dos transdutores, aos métodos de avaliação e sua aplicabilidade, aos requisitos para condicionamento do sinal desejado e ao registro dos dados. Também apresentam guias de caráter informativo, com gráficos que contêm relações dose-resposta.

As normas da ISO em vigor conforme citado no anexo nº 8 da NR 15 são: a ISO 2631:1997, a ISO:5349-1:2001 e a ISO:5349-2:2001, as quais não disponibilizam limites de exposição. Segundo Cunha (2004), para fins de caracterização do risco, cabe ao avaliador buscar e justificar a aplicação de outros critérios e limites para embasar suas conclusões. É também importante considerar subsídios como: as queixas de trabalhadores, os tempos de exposição e pausas existentes ao longo das atividades, os métodos e processos de trabalho, a conservação e manutenção relativas às ferramentas, as informações sobre as avaliações médicas voltadas especificamente ao agente, os nexos causais, as orientações e treinamentos recebidos pelos operadores e outras ações das empresas que permitam avaliar o seu grau de comprometimento, interesse e responsabilidade frente ao agente. Em suma, deve-se avaliar os esforços que vêm sendo aplicados no reconhecimento, na avaliação e no controle da exposição à vibração.

3.2 Quanto à prevenção e ao controle do risco

O Decreto Federal nº 93413 (BRASIL, 1986), promulgou a Convenção nº 148 da Organização Internacional do Trabalho (ILO, 1977) que trata da proteção dos trabalhadores contra os riscos profissionais devidos à contaminação do ar, ao ruído, e às vibrações no local de trabalho. Estabelece que a legislação nacional deverá adotar medidas para prevenir e limitar os riscos profissionais, objetivando a proteção dos trabalhadores. Para a aplicação prática das medidas prescritas, poder-se-á recorrer à adoção de normas técnicas, repertórios de recomendações práticas e outros meios apropriados com a participação das organizações interessadas, mais representativas, de empregadores e de trabalhadores.

Segundo a Norma Regulamentadora NR-9 todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados estão obrigados a elaborar e implementar o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) destinado à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, Brasil (1995).

A estrutura do PPRA deve considerar, no mínimo, os seguintes tópicos: o planejamento anual com estabelecimento de metas, prioridades, cronograma, a estratégia e metodologia de ação, a forma do registro, manutenção e divulgação dos dados, a periodicidade e forma de avaliação do desenvolvimento do programa.

O item 9.3.5. da NR-9 relativo às medidas de controle, exige por parte das empresas a adoção de medidas necessárias e suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que: os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes, os valores limites de exposição ocupacional adotados pela CONFERÊNCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIAIS GOVERNAMENTAIS em vigor (ACGIH, 2005), ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos ou, quando por intermédio do controle médico da saúde, ficar caracterizado o nexo causal entre danos observados na saúde dos trabalhadores e a situação de trabalho a que eles ficam expostos.

No caso da exposição às Vibrações em Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI), as normas vigentes que servem de base para o critério legal (NR-15, anexo 8), ou seja, a ISO 2631:1997 e ISO 5349:2001, não apresentam limites de exposição. Assim, para controle da exposição conforme item 9.3.5 da NR-9, citado anteriormente, remete-se aos limites da ACGIH conforme Cunha (2004).

Para as minerações e empresas de beneficiamento mineral, a Norma Regulamentadora NR-22 do Ministério do Trabalho e Emprego, alterada em 1999 e atualizada em 2002 e 2003 (BRASIL, 1999b), exige a elaboração e implementação do

programa de gerenciamento de riscos (PGR), o qual inclui os agentes físicos vibração e ruído nas etapas de antecipação, avaliação e controle de fatores de risco e da exposição dos trabalhadores. Devem ser estabelecidas as prioridades, metas, cronograma de acompanhamento das medidas de controle implementadas, monitorização da exposição aos fatores de riscos, registro e manutenção dos dados por, no mínimo, vinte anos e avaliação periódica do programa. Segundo o item 22.3.7.1.3 da NR-22, desobrigam-se da exigência do PPRA as empresas que implementarem o PGR.

3.3 Quanto à Previdência Social

A vibração é citada na LISTA “A” do Decreto n.º 3.048 de 6 de maio de 1999 da legislação previdenciária brasileira entre os agentes ou fatores de risco de natureza ocupacional relacionados com a etiologia de doenças profissionais e de outras doenças relacionadas com o trabalho. Também é citada no anexo II do referido decreto como agente patogênico causador de doenças profissionais ou do trabalho, estando relacionada a afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sanguíneos periféricos ou dos nervos periféricos. Entre os setores e atividades que contêm o risco são citados: indústria metalúrgica, construção naval e automobilística; mineração; agricultura (motosserras); uso de instrumentos pneumáticos; ferramentas vibratórias, elétricas e manuais, e a condução de caminhões e ônibus, (BRASIL, 1999a).

O decreto n.º 3.048 em seu anexo IV, que trata da classificação dos agentes nocivos, cita que o direito ao benefício da aposentadoria especial, no caso dos agentes físicos, ocorre para exposições acima dos limites de tolerância especificados, ou para as atividades descritas no referido anexo. No caso da vibração estão inclusas as atividades com perfuratrizes e martelos pneumáticos. O tempo mínimo de trabalho necessário para o direito ao benefício é de 25 anos.

A Instrução Normativa Nº 118 do Instituto Nacional do Seguro Social (BRASIL, 2005), em seu Art. 183, especifica que:

[...] A exposição ocupacional às vibrações localizadas ou de corpo inteiro dará ensejo à aposentadoria especial, quando forem ultrapassados os limites de tolerância definidos pela Organização Internacional para Normalização – ISO, em suas Normas ISO nº 2631 e ISO/DIS nº 5349, respeitando-se as metodologias e os procedimentos de avaliação que elas autorizam.

O artigo nº179 da Instrução Normativa citada anteriormente, que trata dos procedimentos técnicos de levantamento ambiental, estabelece no seu item II parágrafo 3º, ressalvadas as disposições em contrário que:

[...] Para os agentes quantitativos que não possuam limites de tolerância estabelecidos pela NR-15 do MTE, deverão ser utilizados os limites de tolerância da última edição da ACGIH®, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos, nos termos da alínea “c”, item 9.3.5.1 da NR-09 do MTE.

Segundo Cunha (2004), nesse caso, considerando-se que as normas ISO citadas não estabelecem limites de exposição, recai-se nos limites de exposição da última edição da ACGIH® para fins de avaliação do direito ao benefício.

3.4 Principais Limites e Critérios Internacionais Relativos à Exposição às vibrações mecânicas

3.4.1 Normas Internacionais ISO

Na última revisão da norma ISO 5349 (2001), ela foi subdividida em duas partes. A primeira parte trata dos requisitos gerais, a segunda apresenta um guia prático para avaliação da exposição no local de trabalho. O anexo C da primeira parte da norma apresenta uma estimativa da relação dose-resposta, reproduzida na Figura 5. Segundo a norma, a relação fornecida pode ser utilizada na definição de critérios de exposição voltados à redução dos riscos ocasionados pela vibração transmitida às mãos de

trabalhadores. Ainda, segundo este anexo, alguns estudos sugerem que os sintomas da síndrome da vibração em mãos e braços são raros em pessoas expostas a um valor total da vibração diária $A(8)$ inferior a 2 m/s^2 . Para valores de $A(8)$ inferiores a 1 m/s^2 não foram encontrados registros de sintomas da síndrome.

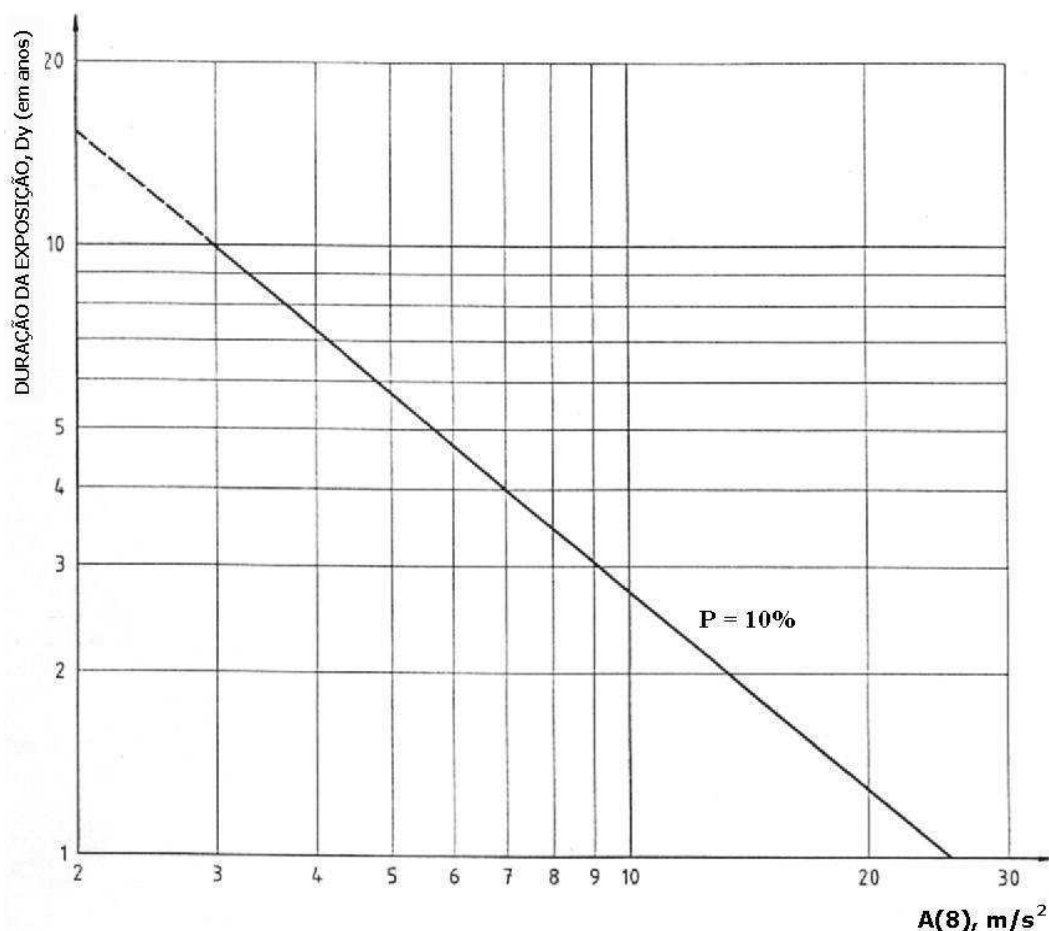


Figura 5: Relação dose-resposta para exposições à vibração em mãos e braços

[FONTE: Modificado do Anexo C da ISO 5349-1: 2001, de caráter informativo]

A relação entre $A(8)$ e D_y é dada pela seguinte expressão:

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

Onde: D_y é a duração total da exposição do grupo em anos, necessária para ocorrência dos episódios de branqueamento nos dedos em 10% dos expostos.

O valor de $A(8)$ refere-se à exposição diária normalizada para um período de 8 horas, obtida a partir das expressão:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{T/T_0} \quad [2]$$

onde:

T - corresponde à duração total diária da exposição à vibração a_{hv}

T_0 - corresponde à duração de 8 horas

a_{hv} - corresponde à aceleração média resultante, representativa da exposição ocupacional diária, considerando a soma vetorial dos três eixos ortogonais.

Se a atividade do trabalhador implicar exposição a diferentes operações com diferentes magnitudes de vibração, a exposição diária normalizada pode ser determinada pela somatória das componentes parciais usando a seguinte expressão:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \times T_i} \quad [3]$$

onde:

a_{hvi} - corresponde à aceleração média resultante relativa a i ésima operação.

T_i - corresponde à duração total diária da i ésima operação.

T_0 - corresponde à duração de 8 horas

3.4.2 Limites de exposição da ACGIH para vibração

A ACGIH[®] disponibiliza limites de exposição para VMB (Tabela 4), no entanto, considera que esses limites não devem ser considerados como divisórias seguras para evitar a produção de doenças, devido às suscetibilidades individuais e à carência de dados que conduzam a relações dose-resposta mais confiáveis, entre outros aspectos. Cita a necessidade de aplicação de práticas e cuidados adicionais destinados à eliminação da síndrome da vibração nos ambientes de trabalho. A medição da vibração deve ser realizada com base em procedimentos e instrumentação especificados pela ISO 5349 (1986). A avaliação da vibração deve ser feita em cada eixo (x, y, z). A comparação com os limites da ACGIH[®] deve ser feita por meio da aceleração ponderada em frequência, eficaz, correspondente ao eixo dominante.

Tabela 4: Limites de exposição das mãos em quaisquer direções x_h , y_h , z_h

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

- a) Corresponde ao tempo total de contato da vibração com as mãos, por dia, seja contínua ou intermitentemente..
- b) Visam limitar a progressão da doença além do estágio 1 da classificação de Estocolmo, ou seja, em relação aos sintomas vasculares periféricos. Quer-se evitar a ocorrência de ataques ocasionais que poderiam afetar a ponta de um ou mais dedos. Com relação aos sintomas neurosensoriais deseja-se evitar a ocorrência de sintomas de dormência intermitente, com ou sem formigamento das mãos
- 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.

[FONTE: Modificado de ACGIH, 2005]

Para vibrações de corpo inteiro, segundo a ACGIH[®] (2005), as medições e os cálculos dos tempos das exposições equivalentes têm por base a ISO 2631:1985 e não a última revisão da norma publicada em 1997. Na edição de 1985, a ISO apresentava três tipos de limite: para conforto, para proficiência reduzida por fadiga e para exposição.

Embora a ISO 2631:1997 tenha excluído os limites de exposição adotados pela edição anterior, ela cita no seu prefácio que aqueles limites eram seguros e preveniam efeitos indesejáveis. Menciona ainda que a integridade e continuidade das informações já existentes não deveriam ser afetadas. No entanto, dever-se-ia propiciar a obtenção de melhores dados que poderiam servir de base para as diversas relações dose-resposta.

Na definição dos limites relacionados à vibração de corpo inteiro, conforme a documentação sobre limites da ACGIH, foram considerados os vários anos de experiência prática de utilização da ISO 2631, em conjunto com diversos estudos sobre os efeitos causados por esse tipo de vibração, em especial os distúrbios e problemas relacionados à coluna vertebral e às costas. Com base nessas informações, considerou-se que os limites de exposição apresentados pela ISO 2631:1985 não ofereciam proteção suficiente à saúde e segurança dos trabalhadores. A proposta, então, foi adotar como limite de exposição os valores correspondentes aos limites de proficiência reduzida por fadiga da ISO 2631:1985, cujos valores correspondem à metade do limite de exposição (ACGIH, 2001).

A norma ISO 2631:1985 estabelece duas formas para efetuar a comparação com seus limites para corpo inteiro: por meio da aceleração obtida em faixas de frequência (oitava ou 1/3 oitava), ou pela utilização de um valor único de aceleração ponderada em frequência, segundo eixos tri-ortogonais. Os limites de exposição da ACGIH[®], cujos valores correspondem à metade dos limites de exposição da ISO são apresentados nas Figuras 6 e 7 para os eixos *z*, *x* e *y*, por faixas de frequência em função do tempo de exposição. Para comparar com esses limites, é necessário efetuar, para cada eixo, uma análise espectral de Fourier, em bandas de terças de oitava, na faixa de frequência de 1 a 80 Hz. A documentação que fundamenta esses limites (ACGIH, 2001), cita que o sinal de vibração em cada eixo pode ser gravado para posterior processamento e análise.

Ainda, segundo a ACGIH[®], se a análise está voltada para o desempenho dos operadores de veículos, o movimento combinado dos três eixos pode assumir papel de destaque, sendo necessária a determinação da aceleração resultante, obtida a partir da aceleração eficaz (*rms*) para cada eixo, ponderada segundo a ISO 2631 de 1985. Essa resultante poderia ser comparada com o nível de ação de $0,5 \text{ m/s}^2$, recomendado pela Comissão Européia para uma jornada de 8 horas. Neste caso, Cunha (2004) chama a atenção para as diferenças existentes entre as ponderações em frequência consideradas pela Diretiva Européia, cuja base é a ISO 2631:1997, e aquelas adotadas pela ACGIH[®], cuja base é a ISO 2631:1985.

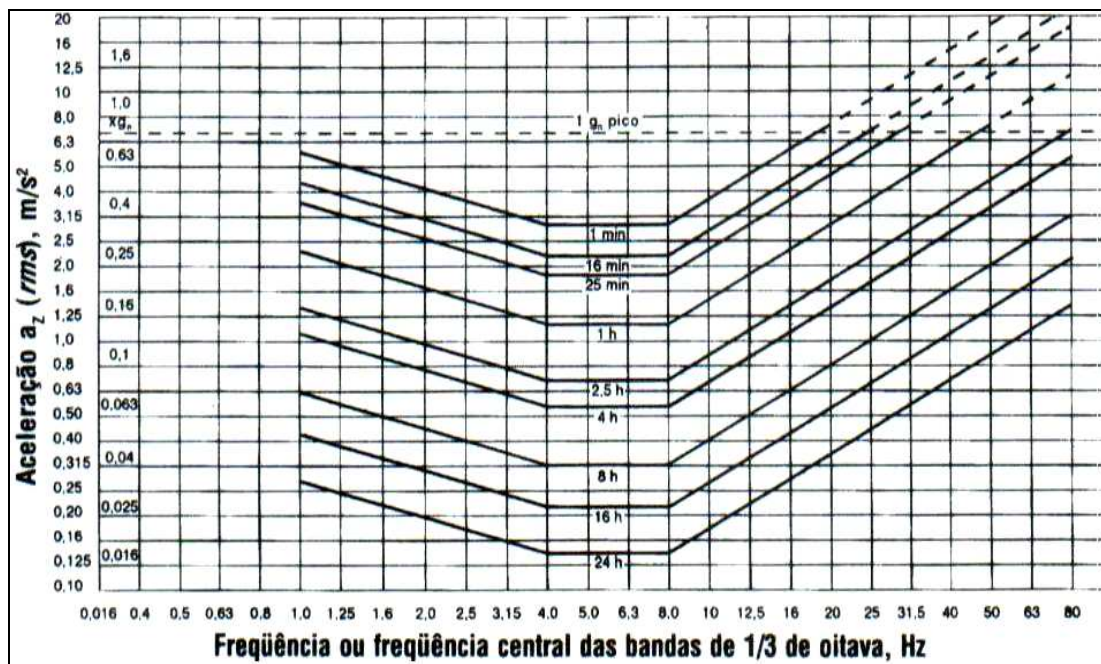


Figura 6: Limites da aceleração longitudinal (a_z) em função da frequência e do tempo de exposição
 [FONTE: TLVs e BEIs - ACGIH 2005]

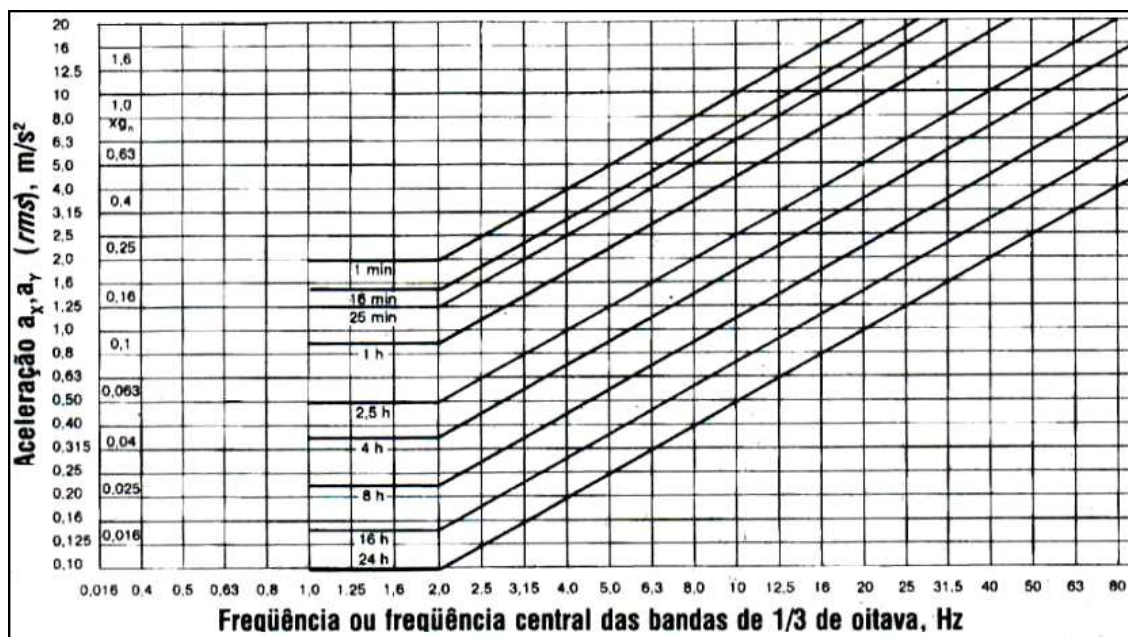


Figura 7: Limites da aceleração transversal (a_x, a_y) em função da frequência e do tempo de exposição
 [FONTE: TLVs e BEIs - ACGIH 2005]

3.4.3 Diretiva 2002/44/EC da Comunidade Européia

As Diretivas da Comunidade Européia têm assumido, segundo Pontes (2002), um papel de especial relevância na definição de disposições gerais sobre segurança e saúde no trabalho, compelindo os países membros a adaptar e complementar as regras estabelecidas pela comunidade, de forma a adotá-las dentro do seu contexto interno. Neste sentido, merece destaque a Diretiva 2002/44/CE de 25/06/2002 (EUROPEAN COMMISSION, 2002), publicada no jornal oficial das Comunidades Européias em 06/07/2002, que trata dos requisitos de saúde e segurança mínimos em relação aos riscos devidos à exposição de trabalhadores à vibração.

No Reino Unido, segundo a HSE (2003), surgem a cada ano em torno de 3.000 novas reclamações para pagamento de benefícios relacionados aos dedos brancos induzidos pela vibração (VWF). Os tribunais têm concedido largas somas para compensação das doenças ocasionadas pelo agente nos últimos anos incluindo uma estimativa de 3 bilhões de libras para 165.000 ex-mineradores e 212 mil libras para trabalhadores do setor ferroviário.

Para os países da Comunidade Européia (CE), a implementação da Diretiva 2002/44/EC implica criar dispositivos legais que exijam dos empregadores ações tais como: a identificação e avaliação dos riscos, a implementação de medidas para evitar ou reduzir a exposição à vibração, o treinamento e a informação aos trabalhadores, a consulta e a participação dos trabalhadores ou seus representantes no tocante a essa diretiva. Quando a presença do risco persistir, ou quando forem superados os níveis de ação, serão necessárias medidas de vigilância à saúde (CUNHA, 2004).

Segundo a Diretiva (EUROPEAN COMMISSION, 2002), qualquer que seja a situação, os trabalhadores não poderão estar expostos acima dos limites de exposição. Se isso ocorrer, apesar das medidas tomadas pelo empregador para cumprimento da diretiva, deverão ser explicitadas as razões que motivaram tal situação, e tomadas ações imediatas para reduzir a exposição a valores abaixo dos limites estabelecidos, incluindo medidas de proteção e prevenção, a fim de se evitar novas ocorrências. A Tabela 5

relaciona os níveis de ação, os limites de exposição (L.E.) e os períodos de transição para sua implementação.

Tabela 5: Diretiva 2002/44/CE - limites de exposição e níveis de ação

Parâmetro	Vibração em mãos e braços	Vibração de Corpo-inteiro	Data para implementação e condições
Nível de ação	2,5 m/s ² A(8) ^(a) (<i>r.s.s</i>) ^(a)	0,5 m/s ² A(8) ^(b) ou 9,1 VDV ^(c) (pior eixo)	A partir 6 de julho de 2005
Limite de Exposição	5,0 m/s ² A(8) ^(a) (<i>r.s.s</i>)	1,15 m/s ² A(8) ^(b) ou 21 VDV ^(c) (pior eixo)	<p>A partir de 6 de julho de 2007 os equipamentos fornecidos aos trabalhadores devem possibilitar atendimento aos limites.</p> <p>6 de julho de 2010 data limite para utilização de equipamentos antigos, fornecidos aos trabalhadores antes de 06 de julho de 2007, cuja operação implique exposição acima dos limites.</p> <p>6 de julho de 2014 data limite para utilização de equipamentos (antigos) no setor florestal e agrícola, cuja operação implique exposição acima dos limites.</p>

(a)- Valor normalizado para 8 horas (*r.s.s*) expresso pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos valores da aceleração ponderada em frequência, *rms*, segundo os eixos x, y, z, conforme procedimentos e metodologia definidos pelas ISO 5349: 2001, partes 1 e 2.

(b)- A avaliação da exposição à VCI baseia-se na determinação da exposição diária A(8) expressa pela aceleração equivalente para um período normalizado de 8 horas, obtida a partir da maior parcela dos valores eficazes, ou a parcela mais elevada do valor de dose da vibração (VDV), das acelerações ponderadas em frequência determinadas segundo os três eixos ortogonais (1,4 a_{wx} ; 1,4 a_{wy} ; a_{wz} , para trabalhadores sentados ou em pé), conforme capítulos 5, 6 e 7 e anexos A e B da ISO 2631-1 (1997).

(c) VDV – Valor de dose da vibração, parâmetro a ser utilizado conforme ISO 2631-1 (1997) quando há presença de picos ou choques significativos.

[FONTE: CUNHA, 2004]

São previstas exceções, ou seja, exposições acima dos LEs da Tabela 5 para as seguintes situações:

- no caso de transporte aéreo ou marítimo em circunstâncias devidamente justificadas para exposições a VCI, quando, apesar das medidas técnicas e organizacionais aplicadas e considerando os avanços tecnológicos disponíveis e as características específicas das condições de trabalho, os limites forem superados, ou;

- b) para exposições semanais, nas quais os trabalhadores estejam usualmente expostos abaixo do nível de ação, porém com digressões ocasionais acima do limite de exposição, desde que o valor da exposição ponderado para 40 horas não atinja o limite. Nesse caso, deve existir evidência de que este tipo de exposição apresente risco inferior em relação às situações de trabalho cujas exposições estejam próximas ao limite.

Ainda, segundo a Diretiva, a avaliação dos riscos está entre as obrigações previstas para os empregadores. Numa primeira fase, propõe a utilização do conhecimento e dos dados disponíveis, neste caso uma abordagem de caráter qualitativo. O nível de exposição pode ser avaliado mediante a observação de práticas de trabalho específicas, considerando-se as informações sobre prováveis magnitudes da vibração gerada pelo equipamento utilizado ou por outros tipos de equipamentos com características similares, utilizados em condições semelhantes, além das informações fornecidas pelos próprios fabricantes. Se for necessário, devido a insuficiência dos dados disponíveis, parte-se para medição da vibração.

Segundo Mansfield (2003), embora sejam grandes as expectativas para redução da incidência de doenças ocasionadas pela vibração em mãos e braços como consequência da implementação da Diretiva, os benefícios podem não ser tão expressivos, na medida em que existem dúvidas quanto aos atuais métodos voltados à avaliação. No entanto, acredita-se que técnicas melhores para predição do risco possam ser desenvolvidas e quaisquer ações no sentido de reduzir a exposição à vibração são bem-vindas.

4 VIBRAÇÃO PRODUZIDA EM ESMERILHADEIRAS E LIXADEIRAS

Segundo Griffin (1996), a prevalência e o intervalo médio de latência dos efeitos associados à utilização de esmerilhadeiras e outras ferramentas rotatórias têm uma larga variação, motivada pela grande quantidade de tipos de ferramentas, pela diversidade de punhos para apoio das mãos, pelas variações nos períodos de exposição e nas magnitudes da vibração que atingem os operadores.

A ISO disponibilizou a partir de 1988 um conjunto de normas da série ISO 8662 (1988) que especificam os ensaios a serem aplicados em diferentes tipos de ferramentas manuais motorizadas portáteis, a fim de estabelecer seus valores típicos de vibração, possibilitando a comparação entre ferramentas de características similares ou diferentes. Segundo a norma, na medida do possível, as condições de operação das ferramentas durante os testes devem representar situações típicas de trabalho.

Ensaio realizado por Ferreira (1993) em 24 esmerilhadeiras pneumáticas numa oficina de trabalho indicaram que a vibração produzida no punho auxiliar (apoio frontal removível) é significativamente superior à vibração gerada no punho principal (apoio traseiro fixo). O eixo da vibração dominante é paralelo ao eixo de rotação das ferramentas. A frequência predominante da vibração está em torno de 120 Hz e está relacionada à velocidade de rotação da ferramenta. A força de prensão aplicada sobre o punho principal não exerce influência na vibração gerada pela ferramenta, mas pode modificar a transmissão da vibração no sistema músculo-esquelético. Cita ainda, que a variação da vibração ao longo do punho auxiliar foi medida por diversos pesquisadores, sendo que, a magnitude da vibração na extremidade final do punho, pode ser duas vezes maior que aquela medida na parte inicial próxima ao corpo da ferramenta.

Um particular fenômeno que pode ocorrer, em geral quando do uso de esmerilhadeiras de maior potência, é o desgaste desigual nas bordas do disco (“Lobing”), normalmente associado às operações com remoção de grande quantidade de metal. Esse tipo de fenômeno não é muito usual sendo ocasionado pelo uso inadequado da ferramenta, podendo gerar componentes de alta frequência que poderão estar

presentes durante a medição da vibração ponderada. Observou-se também, que a vibração gerada era 50% maior e a presença do “Lobing” ocorria mais facilmente nos trabalhos realizados nas bordas do que nas operações em superfícies planas (STAYNER, 1996).

Além do desgaste do disco citado no parágrafo anterior, segundo Stayner (1996) contribuem de modo significativo para a vibração gerada nas esmerilhadeiras, o desbalanceamento do disco, as possíveis variações ou folgas existentes nas aberturas ou diâmetro dos furos destinados à montagem do disco no eixo das ferramentas (“Free play”) e o desvio do disco montado na ferramenta em relação ao seu plano nominal de rotação (“Run-out”). As principais recomendações para escolha e utilização das esmerilhadeiras são:

- a) verificação visual do “Run out” quando da montagem dos discos. Neste caso devem ser remontados ou descartados discos com desvios superiores a 0,5 mm na periferia.
- b) escolha do tipo de ferramenta (angular, reto, vertical) de acordo com as necessidades ergonômicas presentes no local de trabalho e respectivas operações. Esmerilhadeiras angulares proporcionam um bom controle para uma faixa ampla de situações.
- c) utilização de ferramentas pneumáticas nas situações em que estas atendam os requisitos de potência necessários às operações.
- d) escolha do tipo de disco que forneça a melhor taxa de remoção de material e tenha consistência com as demais demandas operacionais.

O código de teste europeu para medição da vibração em esmerilhadeiras portáteis é uma transcrição da ISO 8662-4 (1994). A determinação dos valores da vibração gerada pelas ferramentas manuais portáteis é requerida pela Diretiva de Maquinas 89/392/EEC, (COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1989).

A ISO 8662-4 (1994) estabelece os métodos de ensaio em laboratório para medição da vibração nos punhos de esmerilhadeiras, adaptadas com disco especial de teste em alumínio com desbalanceamento e características específicas. Permite-se a fixação do acelerômetro mediante uso de adesivos colantes, cera, abraçadeiras ou adaptadores quando existir material resiliente nos punhos. Deve ser medida a pressão do

ar e a rotação de operação. Os ensaios das ferramentas requerem uma velocidade de carga nominal, sejam elas pneumáticas ou não. A direção da medição e a localização do acelerômetro é mostrada na Figura 8, onde o mesmo é fixado a 60 mm da extremidade do punho, conforme seta indicativa. Para punhos antivibratórios montados elasticamente na ferramenta é necessária a montagem de dois acelerômetros distantes entre si de 100mm. As medições são feitas com a ferramenta suspensa, operação em vazio sem carga, considerando-se duas posições de montagem do disco a 0° e 180° e sem o disco, (Figura 9).

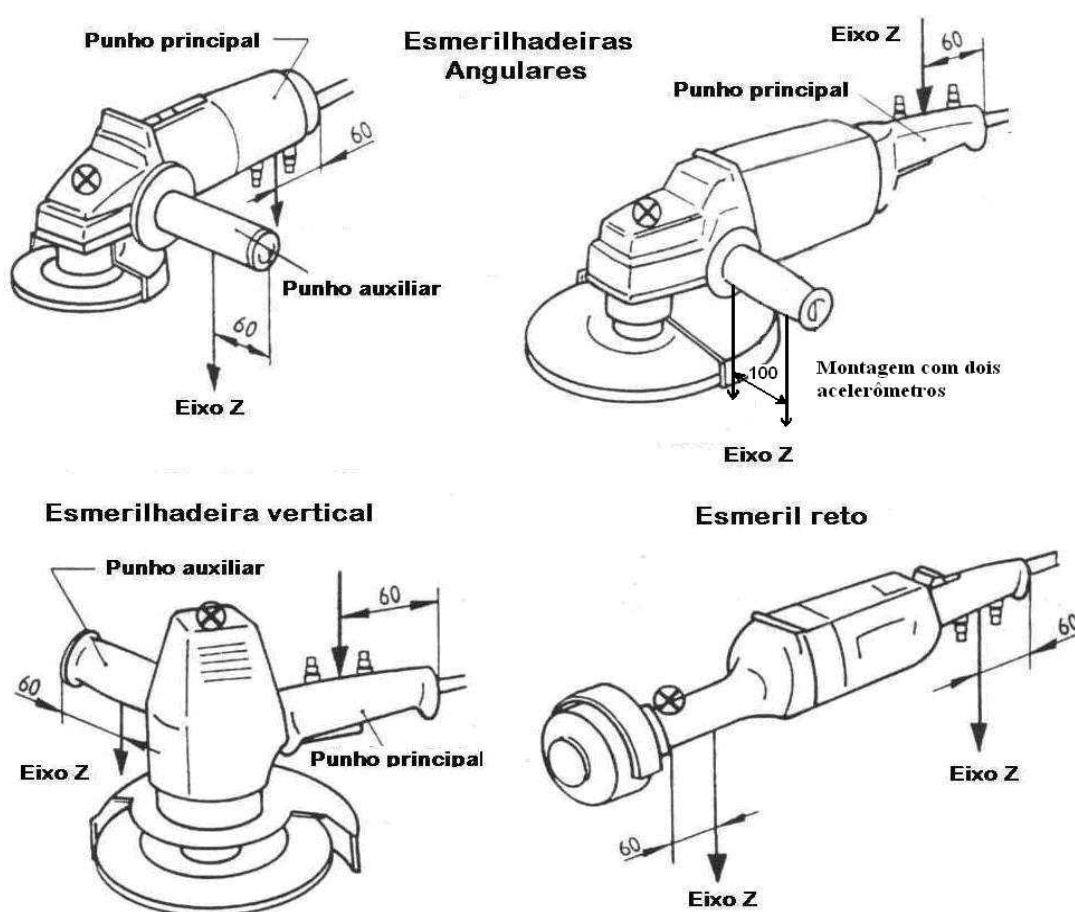


Figura 8: Direções para medição, posição dos transdutores e ponto de aplicação (\otimes) da força durante ensaio.

[FONTE: Modificado de ISO 8662-4 (1994)]

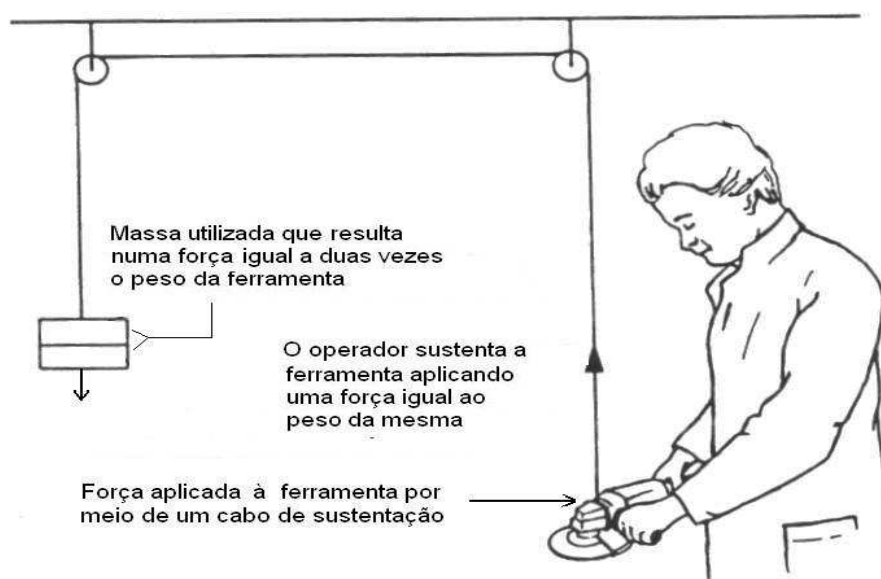


Figura 9: Posição do operador durante o ensaio

[Fonte: Modificado de ISO 8662-4 (1994)]

A ISO 8662-8 (1997) estabelece os métodos de ensaio em laboratório para medição da vibração nos punhos de politrizes e lixadeiras orbitais pneumáticas, acopladas com os dispositivos e acessórios normalmente fornecidos pelos fabricantes. Permite-se a fixação do acelerômetro mediante uso de cola, prisioneiro, ou montagem por meio de abraçadeiras ou adaptadores. Deve ser medida, além da aceleração eficaz, a pressão do ar e a força vertical aplicada à ferramenta durante a operação. Os transdutores devem ser posicionados ao longo dos punhos na região central, preferencialmente no lado inferior. A direção de medição e a localização dos transdutores são mostrados na Figura 10. Para punhos antivibratórios montados elasticamente na ferramenta é necessária a utilização de dois acelerômetros distantes entre si de 100 mm. Durante os testes, três operadores habilidosos devem realizar a operação sobre uma superfície de aço com acabamento médio Ra (rugosidade média) entre 0 a 0,8 μm , movimentando a ferramenta de forma a descrever um oito, aplicando uma força vertical na ferramenta de $30 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$.

Segundo Stayner (1997) com base numa revisão de literatura e testes de laboratório realizados pela Executiva de Saúde e Segurança da Inglaterra (HSE), verificou-se que, para esmerilhadeiras de maior potência, os ensaios para medição da vibração em um eixo singular, considerado como principal, podem produzir valores

inferiores àqueles encontrados em condições normais de trabalho, não equivalendo às situações habituais de exposição dos operadores. Sugere, neste caso, que as medições tri-axiais são essenciais para comparação entre as ferramentas e para a avaliação da exposição. Ensaios realizados com esmerilhadeiras de maior potência operando em vazio, produzem valores que não se correlacionam com a vibração medida durante as atividades em condições normais de trabalho. Dessa forma a seleção e compra de esmerilhadeiras com base no código de teste, poderia induzir os compradores a escolhas incorretas.

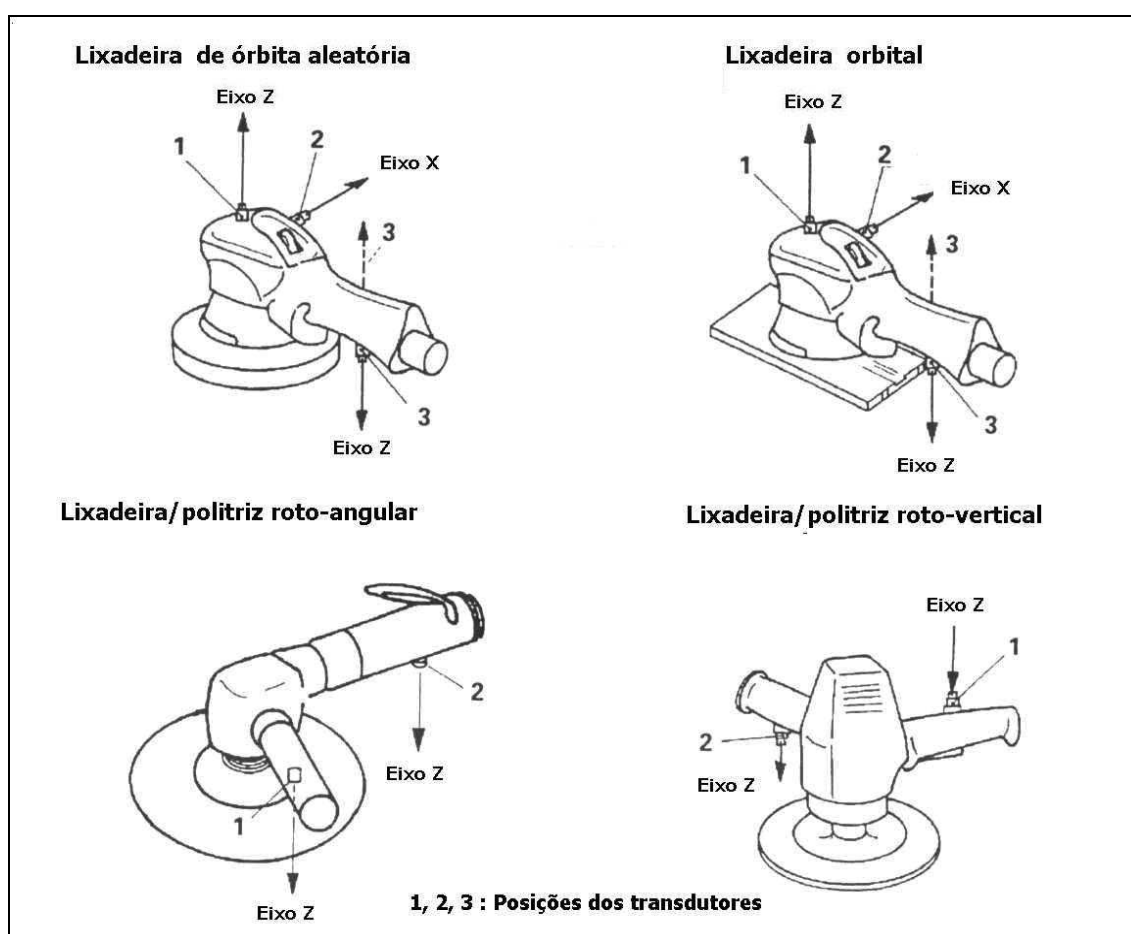


Figura 10: Direções de medição e localização dos transdutores, conforme ISO 8662-8 (1997)

Segundo pesquisa realizada por Fröjd e Zackrisson¹, (1991 *apud* GREENSLADE; LARSSON, 1997), foram comparados os valores da vibração

¹ Fröjd, N. and Zackrisson, M. (1991). Handhållna slipmaskiner: jämförande provning av vibrations- och bullernivåer (Hand-held grinding machines: experimental testing of vibration and noise levels). Arbetsmiljöfonden Sammanfattning 1448. Stockholm. (in Swedish).

ponderada em frequência obtidos em 38 esmerilhadeiras de diferentes tipos. Os resultados indicaram que, para as ferramentas mais comuns classificadas como “padrão” com acelerações equivalentes na faixa de 2,7 a 11,6 m/s^2 , seria recomendável uma exposição diária máxima de uma hora. Esse tempo de exposição poderia ser aumentado em mais da metade se forem utilizadas ferramentas com dispositivos ou punhos anti-vibratórios capazes de reduzir a vibração para a faixa de 1,1 a 6,2 m/s^2 .

O Instituto Nacional para a Vida no Trabalho (NIWL, 2005) sediado na Suécia, mantém um banco de dados disponível na internet onde podem ser encontrados mais de 2.213 registros, que contém os níveis de vibração em ferramentas manuais de diversas categorias e fabricantes. Disponibiliza também mais de 230 registros relativos à VCI em diversos tipos e modelos de veículos e máquinas. Mediante pesquisa realizada nesse banco de dados¹, encontramos em torno 519 registros relativos a vinte e sete fabricantes de esmerilhadeiras e lixadeiras contendo dados de vibração, cujos níveis variam de 1 a 17 m/s^2 sendo que, em aproximadamente 80% dos casos, os valores são iguais ou superam os 3 m/s^2 . Parte desses registros estão relacionados a operações com rochas ornamentais.

A Executiva de Saúde e Segurança da Inglaterra (HSC, 2004) fornece valores de aceleração (amplitude e intervalo inter-quartil, Figura 11) medidos em 31 esmerilhadeiras angulares, elétricas e pneumáticas, de diferentes tipos e tamanhos. Esses dados foram obtidos em condições usuais de operação, com discos abrasivos de 75 a 230 mm. Na figura citada, o tamanho das ferramentas avaliadas aumenta da esquerda para direita. Os dados apresentados correspondem ao punho da ferramenta que apresentou o maior nível de vibração. O valor abaixo de cada coluna indica o número de medições repetidas para cada ferramenta. A vibração média variou de 2 a 9 m/s^2 . Algumas das medições foram feitas em operações junto às bordas das peças trabalhadas, onde observou-se que a vibração é em geral maior se comparada àquela medida em operações realizadas na superfície. As operações realizadas junto às bordas das peças são frequentes nas atividades de acabamento em marmorarias.

¹ Obs: os dados obtidos a partir dos registros do *NIWF*, foram compilados e filtrados em planilha eletrônica.

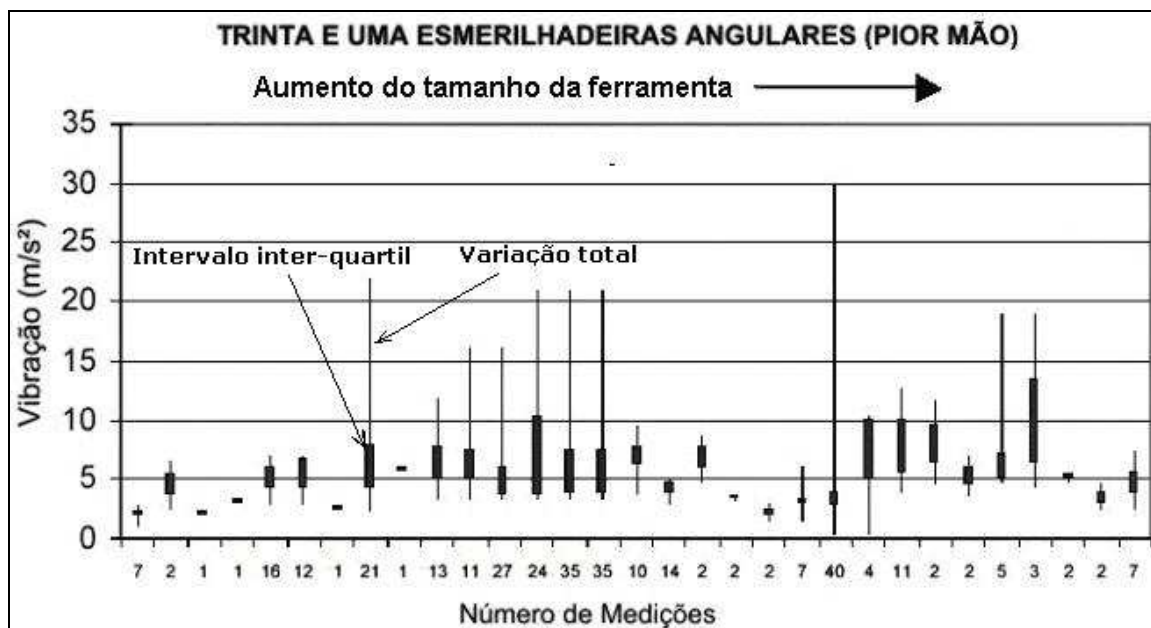


Figura 11: Acelerações medidas em esmerilhadeiras angulares durante atividades de trabalho
 [Fonte: modificado de HSC, 2004]

Segundo o guia de boas práticas para vibrações em mãos e braços da União Européia (ISVR, 2006) os dados de vibração fornecidos pelos fabricantes, obtidos a partir dos testes das ferramentas conforme normas de ensaio, podem ser úteis na estimativa da exposição diária e na análise do risco. No entanto, no presente momento, os procedimentos de ensaio tendem a subestimar a vibração produzida pelas ferramentas durante as atividades de rotina nos locais de trabalho. A norma CEN/TR 15350:2005¹ aconselha que, se a estimativa do risco for feita a partir dos dados de emissão fornecidos pelos fabricantes, deverão ser aplicados os seguintes fatores de correção, dependendo do tipo de ferramenta:

Ferramentas a combustão:	x 1
Ferramentas pneumáticas:	x 1,5 a x 2
Ferramentas elétricas:	x 1,5 a x 2

Os limites propostos pela Diretiva Européia, vem motivando diversos países e instituições à implementação de ações voltadas à prevenção e ao controle da exposição

¹ Comitê Europeu de Normalização - CEN/TR 15350: 2005 Vibração Mecânica _ Guia para avaliação da vibração transmitidas às mãos utilizando a informação disponível, inclusive aquelas fornecidas pelos fabricantes de máquinas.

à VMB. Entre essas ações destaca-se a codificação das ferramentas vibratórias por categoria de cores, a qual serve de “base inicial” no julgamento do nível de risco oferecido pelas ferramentas quando da sua utilização, conforme dados apresentados no anexo C. Nesse anexo, relacionou-se parte da lista que contém um total de 1.761 registros fornecidos por 37 fabricantes de ferramentas e a respectiva rotulação.

5 MEDIÇÃO CONFORME A NORMA ISO 5349:2001 E A AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

5.1 Requisitos conforme ISO 5349:2001

A norma ISO 5349:2001 estabelece os procedimentos e formas de montagem dos acelerômetros junto à ferramenta de forma a obter um valor representativo do sinal que atinge o sistema mão-braço do operador.

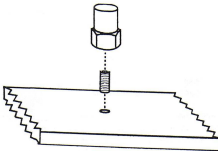
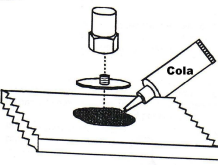
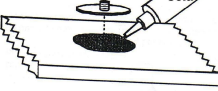
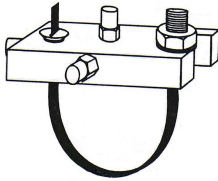
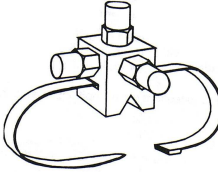
5.1.1 Localização e fixação dos acelerômetros

As medições devem ocorrer na região onde a vibração é transmitida ao sistema mão-braço, ou seja, na superfície da mão ou o mais próximo a esta. O acelerômetro é montado preferencialmente na parte central da zona de apreensão, o que corresponde de modo geral ao meio dos punhos utilizados nas ferramentas manuais motorizadas. Essa localização é a mais representativa para avaliação da vibração que atinge as mãos conforme a norma. Todavia, a fixação do transdutor nesse ponto pode interferir na empunhadura e na força de apreensão aplicada pelo operador.

As medições diretamente embaixo das mãos são em geral possíveis mediante o uso de adaptadores a serem posicionados junto à palma ou entre os dedos. Para medições de forma mais prática, os acelerômetros são montados ao lado das mãos ou na parte inferior central dos punhos da ferramenta. Nos adaptadores montados entre os dedos, cuidado especial deve ser tomado a fim de manter o transdutor o mais próximo possível à superfície do punho da ferramenta. Neste caso, visa-se minimizar a amplificação de componentes rotacionais da vibração e evitar ressonâncias estruturais que possam afetar a vibração medida.

A Tabela 6 resume os principais métodos de montagem descritos na norma.

Tabela 6: Métodos de montagens de acelerômetros conforme ISO 5349:2001

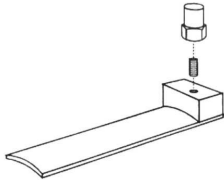
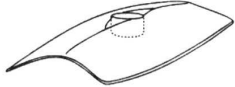
Montagem/condição	Vantagens	Desvantagens	Figura
Fixação do acelerômetro na superfície vibrante por meio de prisioneiro rosqueável	<ul style="list-style-type: none"> - Boa resposta em frequência - Não é afetado pela temperatura da superfície 	<ul style="list-style-type: none"> - A superfície de contato deve ser plana - Não pode ser utilizada se houver comprometimento à segurança da ferramenta, seja ela elétrica ou pneumática 	
Fixação do acelerômetro na superfície vibrante por meio de cola	<ul style="list-style-type: none"> - Boa resposta em frequência 	<ul style="list-style-type: none"> - Superfície de contato deve estar plana e limpa 	
Fixação do acelerômetro na superfície vibrante por meio de resina de epóxi	<ul style="list-style-type: none"> - Boa resposta em frequência - Boa adaptação às superfícies irregulares 	<ul style="list-style-type: none"> - Superfície de contato deve estar limpa 	
Acelerômetros fixados a blocos de montagem leves, conectados à superfície vibrante por meio de abraçadeiras de metal tipo U	<ul style="list-style-type: none"> - Adequada para medições triaxiais 	<ul style="list-style-type: none"> - Montagem volumosa e pesada 	
Acelerômetros fixados a blocos de montagem leves, conectados à superfície vibrante por meio de abraçadeiras de nylon ou metal	<ul style="list-style-type: none"> - Permite montagem rápida e é leve - Adequada para medições triaxiais - Não possui bordas abruptas 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode apresentar limitações principalmente para medições em punhos de ferramentas motorizadas 	

Quando a montagem dos acelerômetros de forma rígida não for viável, por exemplo, devido à presença de material resiliente no punho de apoio da ferramenta, a norma cita a possibilidade de utilização de adaptadores para as mãos, a serem colocados na zona de medição. Neste caso, é recomendável envolver o adaptador levemente com uma fita adesiva elástica para mantê-lo na posição desejada.

Nas situações de montagens mais difíceis, devido às características da superfície de contato, pode-se confeccionar adaptadores de formato elíptico moldados

individualmente por meio do uso de materiais de modelagem. Neste caso, a parte inferior da peça faz contato com a superfície vibrante e a parte superior com a palma da mão. O acelerômetro é montado no centro desse adaptador. Os dois tipos de adaptadores citados, suas vantagens e desvantagens são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Exemplos de adaptadores conforme ISO 5349:2001

Tipo	Vantagens	Desvantagens	Figura
Adaptador para punho	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser utilizado em situações nas quais, o acoplamento fixo não é aplicável, como por exemplo em superfícies com materiais resilientes ou macios 	<ul style="list-style-type: none"> - Seu uso é adequado somente quando a posição da mão é fixa, permanecendo apoio constante no punho da ferramenta - A resposta em frequência depende da superfície do material - A presença do adaptador pode influenciar a operação da ferramenta e conseqüentemente a magnitude da vibração resultante - Fixação adicional é requerida para medição da vibração transversa 	
Adaptador moldado individualmente	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser utilizado nos casos em que uma montagem fixa não é viável, por exemplo devido a presença de material resiliente - Pequena influencia do adaptador durante a operação da ferramenta - Resposta em frequência 	<ul style="list-style-type: none"> - A preparação do adaptador é laboriosa - dificuldade para uso em medições triaxiais 	

5.1.2 Principais tipos de adaptadores presentes no mercado.

Dentre os tipos de adaptadores comumente disponibilizados pelos fabricantes podem ser citados o adaptador para punho¹, o adaptador para palma¹ e o adaptador para mão¹, Figuras 12 e 13.



Figura 12: Principais tipos de adaptadores disponibilizados por vários fabricantes

¹ A nomenclatura utilizada foi adaptada do inglês para facilitar a diferenciação dos diversos tipos de adaptadores



Figura 13: Detalhes dos adaptadores para mãos e punhos

5.2 Estudos e tendências relacionados à avaliação do agente

Gillmeister e Schenk (2002) elaboraram um protótipo para medição da VMB e VCI. O equipamento proposto possui um dispositivo a ser acoplado na mão que permite o uso conjunto de uma luva para proteção. Esse dispositivo é composto por três transdutores, um para medição da vibração, um sensor para medir a força exercida pelo operador e um sensor para determinação da existência ou não de contato da mão com a fonte vibrante. Trata-se de um dispositivo interessante por permitir a obtenção da dose diária. A evolução desse protótipo e a possibilidade de torná-lo comercialmente disponível, deve trazer contribuições aos procedimentos de avaliação da exposição e na melhoria das relações dose-resposta.

Os principais critérios técnicos voltados à avaliação da exposição à VMB considerados ao longo deste trabalho bem como outros critérios e normas adotados em diversos países, têm como referência básica a norma ISO 5349. Apesar da importância e ampla aplicação dessa norma, alguns pesquisadores sugerem que do ponto de vista da

absorção de energia nas mãos, a ponderação em frequência presente na ISO poderia superestimar os efeitos produzidos nos dedos pela vibração de baixa frequência, e subestimar esses efeitos para as vibrações de alta frequência. Estudos e pesquisas são necessários para a determinação da relação entre a absorção da energia da vibração e as lesões de ordem vascular (VWF) produzidas nos dedos segundo Dong et al. (2004a).

A curva de ponderação para mãos e braços presente na norma ISO 5349 (1986) e que persiste na edição de 2001 é questionada por diversos pesquisadores e instituições por subestimar ou superestimar a exposição dependendo do tipo de ferramenta e das condições de exposição. A NIOSH, baseando-se em trabalhos realizados por diversos pesquisadores, propôs no seu critério (NIOSH, 1989) o uso da aceleração sem ponderação em frequência, em razão de que os efeitos fisiopatológicos da exposição à vibração foram considerados proporcionais à aceleração e independentes da frequência. Segundo Dong et al. (2004b), a associação entre a absorção da energia total (VPA) no sistema mão-braço e a VWF é fraca. Considera que a energia (VPA) distribuída nos dedos possui melhor relação com a VWF do que a VPA total. Sugere que a aceleração sem ponderação em frequência medida nas ferramentas constitui melhor indicador para análise do risco à VWF. Essa conclusão dá suporte à posição da NIOSH.

Feutry, Lemerle e Claudon (2004) indicaram que os aspectos ergonômicos relacionados ao acoplamento das mãos aos punhos das ferramentas, bem como os estudos sobre a vibração e sua avaliação nas situações de trabalho, requerem um dispositivo apropriado para medir a força exercida na interface entre a mão e o punho. Desenvolveram uma luva contendo 219 sensores de pressão capacitivos dispostos na face da palma. Esse dispositivo permite a medição da distribuição da pressão na interface mão-punho e possibilita uma boa mobilidade, facilidade de uso e aplicação em diversos tipos de punhos. Essencialmente, essa luva incorpora um dispositivo de medição da postura da mão, que permite a análise da força de acoplamento com base na distribuição da pressão sem a necessidade de se conhecer a geometria do punho ou empunhadura. Segundo os autores, os resultados obtidos nos protótipos demonstraram o potencial desse sistema de medição e a necessidade de se avançar no progresso dessa luva.

6 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os critérios utilizados para o reconhecimento e avaliação dos ambientes e condições típicas de trabalho nas marmorarias, com foco no agente objeto de estudo. São descritos os métodos e procedimentos para a determinação dos níveis de vibração em campo, durante as atividades habituais de operação, bem como as condições de teste em laboratório, para fins de comparação com o método alternativo de montagem do acelerômetro, junto à mão do operador. O instrumental e acessórios utilizados na obtenção do sinal de vibração e seu condicionamento atendem aos requisitos necessários para esse tipo de agente dentro do contexto ocupacional.

6.1 População de estudo e limitações

Numa primeira fase deste trabalho foram realizadas visitas preliminares em cinco marmorarias no Município de São Paulo, selecionadas com base nos dados das inspeções realizadas pelos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador (CRST), no período de 1999 a 2001 (SES, 2001). A partir dessas visitas, observou-se que a atividade de maior risco em relação à exposição às vibrações mecânicas abrange a função denominada de acabador, sendo esta o principal foco do estudo.

Os acabadores ao longo da jornada de trabalho executam suas atividades diárias fazendo uso intermitente de ferramentas vibratórias motorizadas com destaque às lixadeiras angulares, principal ferramenta utilizada (mais de 90% do tempo), seguida das serras-mármore e esmerilhadeiras retas. Outros tipos de ferramentas também foram encontrados, porém sua contribuição em relação à exposição dos acabadores é bem menos significativa.

A identificação mais detalhada do processo de trabalho, tipos de ferramentas e procedimentos de operação utilizados pelos acabadores foi feita por meio de visita às

marmorarias selecionadas a partir de um cadastro de empresas fornecido pelo Sindicato das Indústrias de Mármore e Granitos do Estado de São Paulo (SIMAGRAN-SP).

A escolha dessas marmorarias ocorreu de forma a abranger empresas de diversos portes, tais como, micros, pequenas, médias e grandes, segundo a classificação da Tabela 2. Dessa forma, na fase de reconhecimento e avaliação dos ambientes e das condições de trabalho foram abordadas 25 empresas, incluindo-se aquelas visitadas na fase inicial e mais duas empresas indicadas como “referência” por sindicatos de trabalhadores e SIMAGRAN-SP por terem já implantado todo o processo de acabamento a úmido.

A medição da vibração foi realizada em treze marmorarias, envolvendo 25 acabadores, em média dois em cada marmoraria. Nas demais empresas abordadas não houve medição devido às condições e restrições presentes por ocasião das visitas, não permitindo uma amostragem representativa da exposição dos trabalhadores.

6.2 Descrição dos ambientes e das condições de trabalho nas marmorarias

Diversos projetos desenvolvidos pela FUNDACENTRO¹ e visitas realizadas em várias localidades do Brasil indicaram, segundo Santos (2005), que as situações de trabalho encontradas em marmorarias do Município de São Paulo são, de modo geral, semelhantes às encontradas em qualquer região do país. Essas informações foram corroboradas por outros estudos, que apontam sistemas produtivos similares, resultando numa equivalência em termos da tecnologia utilizada para o corte e polimento das peças, e condições similares de trabalho e forma de organização, TAVARES (2000), SES (2001).

Segundo a AIHA (MULHAUSEN e DAMIANO, 1998), grupos de exposição similar (GES) são constituídos por trabalhadores que têm o mesmo perfil de exposição

¹ Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, instituição de referência em relação a estudos e pesquisas na área ocupacional.
<http://www.fundacentro.gov.br>

devido à similaridade e frequência das tarefas desenvolvidas, materiais e processos trabalhados e pela similaridade no modo de execução das atividades. A definição dos GES pode ser feita por meio de dois tipos de abordagem: por observação dos processos de trabalho ou por amostragem.

6.2.1 Aspectos construtivos das marmorarias

De modo geral as características construtivas das marmorarias selecionadas neste estudo eram similares, constituídas de galpões com construção em alvenaria com paredes de blocos de cimento (com e sem revestimento), cobertura com telhado de fibro-cimento ou metálico, armado sobre estrutura metálica ou de madeira, apoiada em pilares de alvenaria ou metálico com pé direito alto. Algumas construções eram totalmente fechadas com aberturas fixas ou janelas basculantes nas laterais e em geral com frestas na parte superior das paredes próximas ao telhado para permitir ventilação. Outras construções eram semi-abertas, principalmente nas áreas de acabamento e corte.

Os pisos em geral possuíam acabamento rústico em cimento ou compostos com granitos ou mármore provenientes de sobra do processo produtivo. Nas proximidades do setor de corte existia, na maioria das empresas, a presença de canaletas para drenagem da água e lama proveniente do corte das chapas e para lavagem do piso. Muitas empresas reutilizavam a água usada nas serras de corte.

As bancadas de trabalho presentes nos setores de acabamento em geral eram constituídas de tampos de madeira, granito, mármore ou ardósia com forma predominantemente retangular de diversos tamanhos, apoiados em estruturas tipo cavalete de madeira ou metálico com diversas alturas. Essas bancadas não permitiam ajuste de altura por parte do operador.

A área administrativa e “show room” possuíam construção em alvenaria, situadas em locais distintos porém próximos à produção. Em algumas das empresas abordadas, parte dos trabalhadores desses setores estavam expostos, em menor escala, ao ruído e principalmente à poeira provenientes do processo produtivo.

Nas empresas abordadas, no setor de acabamento a seco, as operações de desbaste, lixamento e polimento ocorriam com a utilização de ferramentas elétricas, com grande predominância (>95%) da marca BOSCH. Em algumas situações são executadas furações e colagem das peças trabalhadas ou componentes incorporados ao produto, por exemplo, colagem de cubas nas pias, bordas ou frontões.

6.2.2 O processo produtivo

A produtividade das marmorarias consideradas neste estudo apresentou oscilações consideráveis entre dias consecutivos, conforme observado durante os trabalhos de campo. Essas variações também ocorrem de modo significativo ao longo do ano de modo geral, principalmente nas empresas de pequeno porte em razão de variações nos fluxos das encomendas. A matéria prima utilizada, na sua maioria é composta por chapas polidas nacionais e importadas de granito e mármore, armazenadas em pátios internos ou externos próximos ao setor produtivo. Além do granito e do mármore, principais matérias primas utilizadas, foram identificadas outras rochas em menor quantidade, como a ardósia, o arenito e o quartzito.

As chapas que chegam às marmorarias possuem dimensões em torno de 2,80 m por 1,65 m, em geral com espessura de 2 cm e peso aproximado de 60 Kg/m², eventualmente são utilizadas chapas de 3 cm de espessura (90 Kg/m²). São descarregadas dos caminhões por grupos de 3 a 6 funcionários e deslocadas até o local de armazenamento em pequenos suportes de ferro com rodas na forma de trilho ou por meio de pontes rolantes no caso de empresas de maior porte.

Com base em especificações ou desenhos fornecidos pelos clientes, numa primeira fase, as chapas eram cortadas em serras de bancada com disco de corte, num processo semi-manual ou automático, ambos a úmido. Em determinadas situações mais específicas, conforme as necessidades da produção, o processo de corte era efetuado junto às bancadas utilizando-se serras-mármore na posição horizontal, ou na vertical quando a chapa encontrava-se posicionada em cavalete de apoio na vertical ou no

próprio local de armazenamento. A confecção de furos ou recortes internos nas chapas eram feitos por furadeiras de bancada a úmido ou serra-mármore.

Em seguida ao corte, as peças eram enviadas ao setor de acabamento para execução de desbaste, polimento e lustro. A regularização das bordas internas por desbaste, dentro da forma desejada, era obtida pelo uso de esmeril reto com rebolo ou lixadeira com disco abrasivo ou diamantado. Nas bordas externas o desbaste e o lixamento eram executados principalmente com a utilização de lixadeiras elétricas angulares, às quais acoplavam-se discos abrasivos ou diamantados, rebolos e lixas abrasivas de diversas granulações a fim de obter o acabamento desejado.

A confecção de peças compostas era feita por meio da junção de duas ou mais partes mediante colagem. Para permitir uma melhor fixação das peças, as superfícies de contato eram talhadas com disco de corte das serras-mármore. A aceleração do tempo de secagem, em torno de 15 minutos, era conseguida com o uso de catalisadores e em seguida o excesso de cola e rebarbas eram removidos com o lixamento. Na fase final do processo era aplicado o polimento e lustro. Após o acabamento fino, quando necessário, era feita a aplicação de produtos à base de resinas e ceras para correção de pequenas fissuras e riscos.

Verificou-se que os setores de acabamento existentes na maioria das marmorarias utilizam ferramentas motorizadas elétricas, resultando num processo de trabalho com a produção de níveis elevados de ruído e poeira, entre outros agentes e riscos ocupacionais. Das vinte e cinco empresas abordadas neste estudo, apenas quatro possuíam setor de acabamento com processo a úmido e destas apenas duas apresentavam o processo de acabamento integralmente a úmido com utilização de lixadeiras pneumáticas a água. Os acessórios utilizados nessas lixadeiras para o desbaste eram discos diamantados e rebolos cônicos. O acabamento fino e o lustro eram realizados mediante a aplicação sucessiva de discos cerâmicos com granulações variadas, conforme Figura 14.



Figura 14: Exemplo de acessórios utilizados em ferramentas com processo à água, para as operações de desbaste, acabamento fino e lustro.

6.3 Caracterização das ferramentas elétricas utilizadas no processo de acabamento a seco e a úmido.

Os modelos e características gerais das principais ferramentas utilizadas no processo de acabamento a seco e a úmido foram identificados durante o desenvolvimento das avaliações nas empresas. Essas informações foram compiladas e apresentadas no item 7.1.

A implantação gradual de ferramentas pneumáticas manuais a base de água vem ocorrendo em várias empresas no Estado de São Paulo, bem como em outros estados. Essas informações foram corroboradas por dados fornecidos por empresas que comercializam esse tipo de equipamento para o setor de marmoraria. Na Tabela 8 foram compiladas as informações relativas à comercialização de ferramentas pneumáticas a água, fornecidas por representantes comerciais, relativas ao período de setembro de 2003 a agosto de 2005. Com base nos dados citados na referida tabela, pode-se identificar a predominância de dois modelos de ferramenta. Devido a questões comerciais os nomes das empresas que forneceram as informações foram mantidos em sigilo.

Tabela 8: Ferramentas pneumáticas a água adquiridas por marmorarias de diversos estados no período de setembro de 2003 a agosto de 2005

Modelo⁽¹⁾	Quantidade/(%)⁽²⁾	Vibração⁽³⁾	Peso (Kg)	Velocidade máxima (RPM)
GPW-215	252 / (39%)	< 2,5m/s ²	2	11000
GPW-7	364 / (56%)	< 2,5m/s ²	1,17	4500
CPW-315 ⁽⁴⁾	9 / (1,4%)	---	---	---
DG	26 / (4%)	---	---	---

(1) – Os modelos GPW-215 e GPW-7 são do fabricante GISON

(2) – Corresponde à quantidade total de ferramentas comercializadas para cada modelo especificado e à porcentagem em relação ao total geral de ferramentas.

(3) – Valor da aceleração fornecida pelo fabricante, não especifica a norma de ensaio.

(4) – Serra-mármore pneumática a água, modelo em implantação.

As ferramentas citadas na Tabela 8, foram comercializadas em 20 estados. As regiões Sudeste e Sul responderam respectivamente por 53,0% e 30,4% do total comercializado. Desse montante, 36,5% corresponderam ao estado de São Paulo, seguido pelos estados de Santa Catarina (15,7%), Espírito Santo (9,6%), Paraná (8,7%), Rio Grande do Sul (6,1%), Rio de Janeiro (4,3%). O restante foi distribuído entre os demais estados. Nas avaliações realizadas em marmorarias da cidade de São Paulo, verificou-se a predominância dos modelos GPW-215 e GPW-7 nas empresas que possuíam os setores de acabamento a úmido.

Realizou-se uma pesquisa junto ao banco de dados disponibilizado pelo Instituto Nacional para a Vida no Trabalho sediado na Suécia (NIWF, 2005). Todas as informações disponíveis nesse banco de dados sobre vibração em ferramentas motorizadas, ou seja, os 2.213 registros levantados em junho de 2005 foram lançados em planilha eletrônica e filtrados a fim de obter os registros relacionados às atividades de beneficiamento de rochas ornamentais. Foram também identificados os dados de vibração referentes aos ensaios normalizados, correspondentes às ferramentas de mesmo modelo ou similares àsquelas encontradas nas marmorarias.

Os registros citados abrangem 117 tipos de ferramentas manuais motorizadas de 91 fabricantes, compilados a partir de relatórios de pesquisa, catálogos de ferramentas, etc. Embora o NIWF não se responsabilize pelas informações fornecidas ou por possíveis erros presentes nos dados apresentados, já que são fornecidos por terceiros, é interessante ressaltar que essas informações constituem o banco de dados Europeu Centralizado para Vibração em Mãos e Braços.

Um outro banco de dados consultado foi o KARLA (LAS, 2006), onde são disponibilizados dados representativos de ruído e vibração nos locais de trabalho para vários tipos de ferramentas. Entretanto, não encontramos informações de exposição relativas a operações com lixadeiras, bem como, os dados de ensaio fornecidos para os diversos tipos de ferramentas não especificam a norma de ensaio. Os dois bancos de dados europeus citados anteriormente são mencionados no Guia de boas práticas para vibrações em mãos e braços da União Européia (ISVR, 2006), lançado em abril de 2006. Esse Guia foi produzido pelas seguintes instituições: Universidade de Southampton e Executiva de Saúde e Segurança (HSE) da Inglaterra, Instituto de Saúde Ocupacional da Alemanha (BGIA) e o Instituto Nacional de Pesquisa e Segurança (INRS) na França.

6.4 Avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços (VMB)

Durante o contato com as empresas e no período das avaliações, os trabalhadores foram esclarecidos sobre os objetivos do trabalho, os procedimentos e cuidados necessários, ficando os mesmos à vontade quanto à elucidação de quaisquer dúvidas. Para a obtenção de dados representativos da exposição, os acabadores foram orientados sobre a necessidade de execução das operações dentro das características e posturas habituais, compatíveis com sua rotina normal de trabalho.

6.4.1 Procedimentos de medição conforme ISO 5349

Para fins de avaliação da exposição ocupacional dos acabadores à VMB, foram obtidos os níveis de vibração considerando-se os procedimentos estabelecidos pela norma internacional: ISO 5349-2001, partes 1 e 2.

A medição foi executada por meio de medidores integradores (modelo HVM 100 da Larson Davis e modelo Maestro da 01dB-Stell) descritos no tópico 6.7, os quais fornecem diretamente as acelerações equivalentes da vibração ponderada em frequência conforme curva específica para mãos e braços.

Montagem dos acelerômetros

Os acelerômetros utilizados nas avaliações são do tipo triaxial (modelo 356B21 da PCB Piezotronics) e foram rosqueados de forma rígida a um suporte metálico de alumínio, sendo este fixado à superfície vibrante por meio de abraçadeiras (Figura 15). Em razão das características e formas desses punhos e do posicionamento das mãos, utilizou-se dois tipos de abraçadeiras, metálica e de nylon, a fim de garantir boa fixação, conforme procedimentos previstos na parte 2 da norma ISO 5349:2001.



Figura 15: Montagens dos acelerômetros com abraçadeira

Conduta adotada durante as medições

Para cada tipo de operação foram considerados cinco repetições com tempo de medição em torno de um a dois minutos, suficiente para abranger todas as posturas e procedimentos realizados pelo operador dentro da situação considerada. A leitura final obtida correspondeu ao nível equivalente resultante das repetições realizadas. As interrupções ou pausas efetuadas pelo operador não foram incorporadas, sendo considerado apenas o tempo efetivo de operação, ou seja, de exposição à vibração. Neste caso, quando cessava o contato da mão do operador com a vibração, o medidor era deixado em pausa, a integração era reiniciada quando o operador retornava à operação. Esse procedimento objetivou facilitar a abordagem e a representatividade da exposição.

6.4.2 Procedimento alternativo de medição da VMB

Algumas operações observadas durante as visitas preliminares realizadas em cinco marmorarias indicaram que, durante as operações de desbaste e acabamento, podem ocorrer mudanças significativas e constantes das posições das mãos em relação aos punhos e corpo das lixadeiras (Figura 16).

Em determinadas situações de trabalho, os punhos auxiliares das ferramentas eram retirados, em outras eram cortados ou encontravam-se numa condição ruim (Figura 17), dificultando o posicionamento e a fixação dos acelerômetros. Esses aspectos sugerem que, para estas situações e para àquelas citadas no parágrafo anterior, os métodos de montagem dos acelerômetros junto aos punhos das ferramentas, prescritos na parte 2 da norma ISO 5349:2001, implicam maior dificuldade ao avaliador na obtenção de valores representativos do sinal de vibração que chega às mãos dos operadores. Tais situações de exposição motivaram a proposição de uma montagem diferenciada do acelerômetro.



Figura 16: Posições de prensão das ferramentas durante as operações de desbaste e acabamento



Figura 17: Tipos e condições de punhos auxiliares de lixadeiras

A proposta consistiu na utilização de um adaptador de palma (Figura18), disponível no mercado, em cujo interior é fixado um mini acelerômetro triaxial de pequeno tamanho e massa. Neste estudo utilizou-se o modelo SEN026 cujas características estão descritas na Tabela 9 (item 6.7). O adaptador foi montado junto à palma da mão do operador por meio de fita adesiva comum de uso geral, Figura 19. A

saída do cabo elétrico e a conexão deste com o acelerômetro foram envolvidas por camadas de fita adesiva para proteção contra possíveis abrasões e movimentações ocasionadas durante a operação. Este procedimento permite um posicionamento do acelerômetro bem próximo ao corpo ou punho das ferramentas.



Figura 18: Adaptador de palma

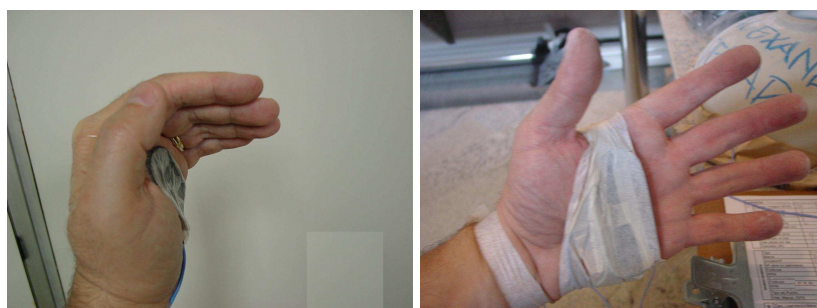


Figura 19: Montagem do adaptador de palma

Para discussão da proposta alternativa de fixação dos acelerômetros, suas vantagens, desvantagens e implicações, foram considerados os seguintes passos:

- a) análise detalhada das operações e procedimentos de trabalho “in loco”, nas marmorarias selecionadas, contando com apoio de registros fotográficos e filmagens de curta duração;
- b) medição da vibração conforme procedimento proposto, junto às mãos de dez acabadores durante condições normais de execução das operações de desbaste

acabamento e lustro (Figura 20). Os operadores foram orientados a trabalhar mantendo as suas posturas, forças de preensão e movimentações habituais. Colheu-se a opinião de cada um deles quanto a possíveis interferências no processo de trabalho devido ao procedimento de medição. O principal objetivo neste caso foi observar a viabilidade e as dificuldades da montagem do adaptador nas mãos em situações reais de operação.

- c) medição em laboratório por meio de ensaios com montagens independentes dos acelerômetros e de forma simultânea (sobreposta). Neste último caso, foram utilizados dois acelerômetros triaxiais de pequenas dimensões e massa, um fixado junto à mão do operador conforme procedimento alternativo proposto e outro junto ao punho auxiliar da ferramenta, com abraçadeira, na parte inferior adjacente do punho auxiliar, Figura 21.

As leituras correspondentes às montagens sobrepostas foram colhidas simultaneamente por dois medidores de vibração integradores e registradas em um gravador digital/analógico de oito canais. A lixadeira utilizada no ensaio era nova e foi cedida com punho padrão cujas características e forma de fixação eram similares aos punhos encontrados nas lixadeiras utilizadas nas marmorarias.

Durante os ensaios a ferramenta foi mantida na posição horizontal por meio do punho auxiliar e principal, sendo posicionada paralela à bancada de ensaio, a uma altura de aproximadamente 85 centímetros do piso. O operador procurou aplicar uma força de preensão suficiente para manter o controle da ferramenta numa posição estável.

Os resultados correspondentes aos ensaios com as montagens descritas estão apresentados no item 7.4. Nas situações citadas anteriormente, os testes foram realizados com cinco repetições de duração próxima a dois minutos, tempo suficiente para estabilização das leituras.

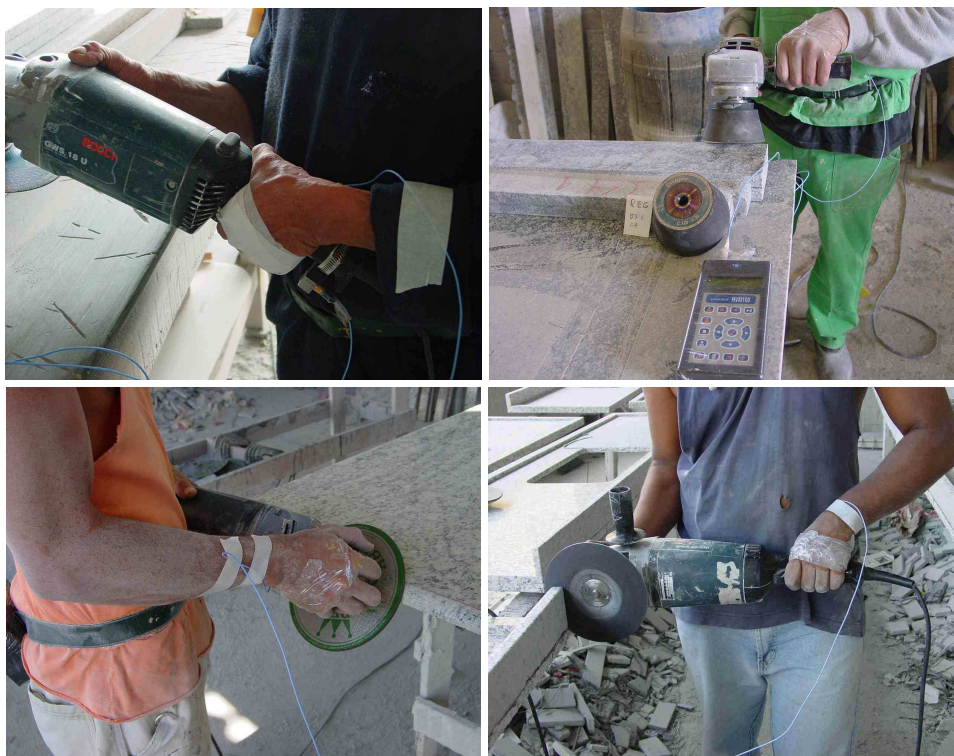


Figura 20: Montagem alternativa do acelerômetro

Os principais objetivos dessas medições foram:

- Observar a influência da fita adesiva utilizada na fixação do adaptador às mãos com relação aos níveis de aceleração, variando-se o número de camadas aplicadas;
- discutir as diferenças entre os procedimentos de montagem considerando os valores medidos e as informações fornecidas por outros estudos e pesquisas, de forma a trazer elementos à comparação das diferentes montagens utilizadas.

Para verificar as diferenças estatísticas entre as acelerações obtidas nos ensaios realizados em laboratório, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com repetições e com 1 ou 2 fatores, dependendo dos objetivos da análise, e o teste de Scheffe para identificar as diferenças encontradas. Fixou-se o nível de significância $p \leq 0,05$. Para as análises utilizou-se o software SAS – Statistical Analyses System (versão 9.1.3).



Figura 21: Montagens sobrepostas com dois acelerômetros triaxiais

6.4.3 Estimativa da exposição dos acabadores à VMB

A estimativa da exposição dos acabadores à vibração em mãos e braços foi feita levando-se em consideração os seguintes aspectos:

- a) a determinação do tempo médio diário de exposição à VMB, obtido por meio da medição do tempo de contato dos operadores com as ferramentas vibratórias, abrangendo as diversas atividades e operações típicas de trabalho.
- b) a determinação das acelerações correspondente à exposição diária.

Posteriormente foi feita a comparação dos valores correspondentes à exposição diária com relação ao nível de ação e limites de exposição propostos pela Diretiva Européia.

Conforme já observado em outras pesquisas citadas ao longo da revisão bibliográfica, as atividades e os processos de trabalho encontrados nas marmorarias são similares, apesar das peculiaridades individuais de cada empresa. A análise e interpretação dos dados foram feitas considerando-se todas as informações obtidas nas várias marmorarias de modo a obter uma visão geral da exposição dos trabalhadores que atuam no setor de acabamento. Esse enfoque foi necessário, uma vez que determinadas situações que não podiam ser observadas numa empresa, devido às condições ou fase do processo produtivo, puderam ser encontradas e medidas durante a avaliação em outras marmorarias.

Um conjunto de variáveis relacionadas à operação, ao operador, às ferramentas e aos acessórios utilizados tem influência direta nos níveis de vibração que atingem as mãos dos trabalhadores. Para a obtenção de dados representativos da exposição ocupacional dos acabadores em condições habituais de trabalho, as variáveis citadas foram incluídas nas medições durante as atividades. Dessa forma, as operações avaliadas consideraram os seguintes aspectos:

- a) o tipo e as características das operações que estavam sendo realizadas no dia da avaliação e sua representatividade frente às condições típicas de trabalho na empresa avaliada, considerando-se a função objeto de estudo;
- b) a normalidade do processo produtivo, sendo descartada as situações consideradas não representativas, com base no conhecimento dos processos de trabalho típicos já observados em outras empresas, ausência de produção, produção insipiente ou não característica;
- c) as dificuldades ou restrições operacionais relativas à medição do agente, ao instrumental utilizado e à disponibilidade e cooperação da empresa e dos trabalhadores, no momento das medições. Ressalta-se neste caso que as medições da vibração na maioria do tempo, ocorreram em conjunto com a avaliação de outros

dois agentes: o ruído e a poeira. Esses trabalhos são provenientes de parcerias entre projetos da Fundacentro para viabilização dos trabalhos de campo e otimização de recursos.

A estratégia utilizada na obtenção da aceleração relativa à exposição do trabalhadores, considerou a medição vibração para os dois principais grupos de operações identificados: o desbaste e acabamento inicial e o acabamento fino e lustro. A amostragem foi realizada para cada grupo de modo a cobrir as diversas situações de exposição encontradas ao longo da jornada diária.

Para cada tipo de operação foram consideradas repetições das medições (pelo menos cinco), com tempos variáveis superiores a dois minutos, em razão dos tipos de peças trabalhadas. Para abranger as diversas posturas, procedimentos e acessórios utilizados pelos operadores, objetivando a obtenção de dados representativos da exposição, o período de integração total considerado foi estendido, em geral superior a uma hora, de forma a cobrir situações típicas ao longo da jornada de trabalho.

6.5 Identificação das medidas preventivas relacionadas à VMB no âmbito das marmorarias

A identificação de possíveis medidas relacionadas à vibração em mãos e braços no âmbito das marmorarias foi feita considerando-se os critérios técnico-legais vigentes relativos à avaliação e ao controle da exposição, com destaque à Norma Regulamentadora (NR-9). Nessa identificação observou-se os seguintes procedimentos:

- a) levantamento e análise dos Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRAs) disponíveis nas empresas avaliadas. Neste caso procurou-se verificar a existência de possíveis ações de caráter qualitativo ou quantitativo relacionados ao agente.
- b) identificação de outras fontes de informação e estudos técnicos realizados no âmbito das marmorarias.

6.6 Incertezas associadas às medições e à exposição diária à vibração

O processo de medição da VMB segundo Gaspareto et al. (2004) depende de fatores associados ao operador, às incertezas da cadeia de medição e à repetitividade desse processo. Dentro desses fatores três parâmetros possuem relevante influência: a força empregada na condução da operação, a força de prensão e o método de montagem do acelerômetro. Pitts (2004) aponta que as incertezas associadas à medição da vibração humana não é afetada somente pelo desempenho da instrumentação de medição, mas o processo de medição terá provavelmente uma influência maior. Destaca a importância do sistema de montagem utilizado, sua rigidez e a altura do ponto de montagem do transdutor acima da superfície vibrante.

Segundo a norma de referência (ISO 5349: 2001), as incertezas relativas à instrumentação, à calibração, às interferências elétricas, às montagens e massas dos acelerômetros são usualmente pequenas quando comparadas às incertezas associadas à localização dos pontos de medição e à variabilidade das operações. As fontes de incerteza dependem da operação sob análise. Cita, ainda, que se o propósito da medição for a avaliação da exposição relativa a uma tarefa específica, as medições devem considerar pelo menos três trabalhadores e os resultados apresentados devem ser compostos pela média aritmética das medições e respectivos desvios padrão.

As incertezas associadas à determinação da exposição diária à vibração normalizada [A(8)], segundo a ISO 5349:2001, são frequentemente elevadas, entre 20% e 40%, e são afetadas por:

- a) fatores relacionados às medições individuais como a exatidão da instrumentação utilizada, à calibração, às interferências elétricas, à montagem do acelerômetro sua localização e massa;
- b) mudanças na operação normal da ferramenta, nos procedimentos de trabalho, nas posturas das mãos e nas forças aplicadas, motivadas pela influência do processo de medição;

c) fatores relacionados às alterações ocorridas ao longo do dia de trabalho resultantes de mudanças na condição das ferramentas e acessórios utilizados (por exemplo trocas de discos ou rebolos em lixadeiras implicando variações sensíveis na vibração transmitida ao operador), mudanças nas características dos materiais processados.

Para fins deste trabalho, a avaliação e a expressão das incertezas das medições foram feitas de acordo com as recomendações do *Guia para a Expressão da Incerteza de Medição* (ABNT, 2003). As incertezas relacionadas nos resultados das medições correspondem às incertezas padrão, expressas como um desvio padrão.

Segundo o guia citado no parágrafo anterior, uma fonte de incerteza de um instrumento digital é a resolução de seu dispositivo indicador. Se a resolução do dispositivo indicador é δx , o valor do estímulo que produz uma dada indicação pode estar situado com igual probabilidade em qualquer lugar no intervalo $X - \delta x/2$ a $X + \delta x/2$. O estímulo é, então, descrito por uma distribuição de probabilidade retangular de amplitude δx , com variância $u^2 = (\delta x)^2/12$, resultando numa incerteza padrão $u = 0,29 \delta x$. Considerando-se a resolução dos displays digitais dos medidores de vibração utilizados, obtemos uma incerteza padrão correspondente a $0,003 \text{ m/s}^2$.

6.7 Sistema de medição e acessórios

Os equipamentos utilizados nas avaliações em campo e durante ensaios em laboratório (Figura 22), estão relacionados na Tabela 9 e atendem às características técnicas, incluindo-se ponderações de frequência específicas, exigidas pelos critérios internacionais para vibração humana (ISO 8041 e ISO 5349:2001). Os medidores de vibração e os acelerômetros utilizados possuíam certificados de calibração fornecidos pelos fabricantes. Devido à presença de poeira nos processos de acabamento a seco, os medidores e conexões foram envolvidos com uma camada de filme de PVC. Nas situações de avaliação com processo a úmido, a conexão dos acelerômetros foi protegida com uma película de silicone e fita adesiva.

Tabela 9: Relação dos equipamentos e acessórios utilizados no estudo

EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS	APLICAÇÃO*
Medidor de vibração Larson Davis modelo HVM 100 (<i>ALL</i>). Resolução do display 0,1 dB	C / L
Medidor de vibração Maestro 01dB-Stell Resolução do display 0,01 m/s ²	C / L
Acelerômetro triaxial modelo SEN026 da PCB Piezotronics sensibilidade: Eixo x (0,986 mV/m.s ²), Eixo y (0,987 mV/m.s ²), Eixo z (1,030 mV/m.s ²). Peso= 3,3g	C / L
Acelerômetro triaxial modelo 356B21 da PCB Piezotronics sensibilidade: Eixo x (0,990 mV/m.s ²), Eixo y (0,988 mV/m.s ²), Eixo z (1,018 mV/m.s ²). Peso= 4g	C / L
Kit de adaptadores ADP064 para medidor HVM 100. Adaptador para palma (15,35 g) Adaptador para punho (18,84 g) Adaptador para mão (14,64 g)	C / L
Calibrador de acelerômetro PCB 394C06, 1g, 159.2 Hz.	C / L
Cabos diversos - PCB Piezotronics	C / L
Gravador de sinal de oito canais digital marca Sony PC208Ax.	L
Excitador de calibração marca Brüel & Kjaer tipo 4294.	L
Lixadeira BOSCH GPO 14E (peso 3,2 Kg, 1400W, 5500rpm) permite variação da rotação de trabalho	L
Portable Stroboscope Type 4912 –Brüel & Kjaer Exatidão oferecida pelo equipamento: 10 rpm	L
Tacômetro Shimpo DT – 105A	L
Abraçadeira metálica média (19,63 g) Abraçadeira metálica pequena (15,77 g) Abraçadeira de Nylon (2,69 g) Suporte em alumínio (4,14 g) Suporte em alumínio –cubo preto (11,23 g)	C / L

* C = Campo / L = Laboratório



Figura 22: Ilustração dos principais equipamentos utilizados

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira parte deste capítulo estão relacionados os principais tipos e modelos de ferramentas encontrados nas atividades de acabamento nas marmorarias avaliadas. Em seguida, são apresentados os resultados do levantamento realizado junto ao banco de dados Europeu Centralizado para Vibração em Mãos e Braços mantido pelo NIWF.

As acelerações medidas nas avaliações ambientais foram apresentadas considerando-se dois tipos de montagem dos acelerômetros: na ferramenta (punhos e corpo conforme ISO 5349: 2001) e junto às mãos dos acabadores (procedimento alternativo). Esses dados foram obtidos durante as operações típicas de trabalho nos setores de acabamento das marmorarias. A identificação das marmorarias que participaram das avaliações foi mantida em sigilo, bem como o nome dos trabalhadores que colaboraram nesse processo. Os resultados relativos aos testes realizados em laboratório para comparação entre os dois tipos de montagem foram compilados e apresentados em tabela específica. As medições foram realizadas no período de abril de 2003 a abril de 2005.

7.1 Ferramentas utilizadas nos setores de acabamento nas marmorarias avaliadas.

Os principais tipos, modelos e características gerais das ferramentas manuais motorizadas presentes nas marmorarias durante o processo de avaliação foram compilados na Tabela 10.

Tabela 10: Principais modelos de ferramentas encontrados nas marmorarias avaliadas e suas especificações básicas

Fabricante	Tipo	Modelo	Pot.	Peso	RPM	NE ⁽¹⁾	P ₁ ⁽²⁾	P ₂ ⁽³⁾
			(W)	(Kg)	(RPM)	nº	%	%
BOSCH	Esmerilhadeira angular	GWS 20-230	2000	4,2	6500	5	6,8	11,7
BOSCH	Lixadeira angular	GWS 12-U	1200	3,6	5500	3	8,1	13,8
BOSCH	Esmerilhadeira angular	GWS 23-230	2300	4,8	6500	1	3,1	5,3
BOSCH	Serra Mármore	GDC-34	1300	2,7	13000	1	0,6	2,4
MAKITA	Serra Mármore	4100 NH	1300	2,9	13000	16	23,6	92,7
DEWALT	Serra Mármore	861B	1400	2,8	11500	1	1,2	4,9
MAKITA	Esmeril reto	9105	750	4,5	4800	1	0,6	12,5
SP	Esmeril reto	SIR	1320	---	5000	3	2,5	50,0
BOSCH	Esmeril reto	GG5 6S	1150	3,9	6800	1	1,9	37,5
BOSCH	Lixadeira angular	GNS14	1400	4,6	1900	1	0,6	1,1
BOSCH	Lixadeira angular	1323	1600	4,8	5000	1	0,6	1,1
BOSCH	Lixadeira angular	GWS 18U	1800	4,2	5000	4	3,1	5,3
BOSCH	Lixadeira angular	GWS 20U	2000	4,2	5000	11	24,2	41,5
BOSCH	Esmerilhadeira angular	GWS 18-230	1800	4,2	6500	2	1,2	2,1
DEWALT	Lixadeira angular	DW 849-82	1400	3,8	3000	1	0,6	1,1
BOSCH	Esmerilhadeira angular	GWS 20-180	2000	4,2	8500	4	4,3	7,4
BOSCH	Politriz à umido	GNS 5-100	500	1,5	2800	4	2,5	28,6
FLEX	Politriz à umido	LW 1503	1200	2,0	3500	1	0,6	7,1
BOSCH	Lixadeira angular	PWS 9-180	900	3,1	5000	1	0,6	1,1
BOSCH	Esmerilhadeira angular	GWS 25-180	2500	5,1	8500	1	1,2	2,1
NI ⁽⁴⁾	Lixadeira	Vertical	---	---	---	1	1,9	3,2
GISON	Esmerilhadeira e lixadeira	GPW-215	---	2,0	11000	2	3,1	35,7
GISON	Lixadeira angular	GPW-7	---	1,17	4500	3	3,7	42,9
GISON	Lixadeira angular	GPW-211	---	2,2	5000	1	0,6	7,1
BOSCH	Lixadeira angular	1757	2000	4,8	5000	1	1,9	3,2
BOSCH	Esmerilhadeira angular	GWS 23-180	2300	4,8	8500	1	0,6	1,1

(1) - Corresponde ao número de empresas que possuíam a ferramenta em uso no setor de acabamento.

(2) - P₁ - Porcentagem relativa ao número de ferramentas de um determinado modelo em relação ao número total de ferramentas presentes nos setores de acabamento das marmorarias avaliadas.

(3) - P₂ - Porcentagem correspondente ao número de ferramentas de um determinado modelo em relação ao número total de ferramentas presentes no setor de acabamento das marmorarias avaliadas, para uma mesma categoria de ferramenta. Neste caso as categorias consideradas foram: lixadeiras ou esmerilhadeiras angulares com operação a seco, lixadeiras ou esmerilhadeiras para operação a água, esmeril reto e serra-mármore.

(4) - Modelo antigo.

Obs: as cores na Tabela, indicam a categoria das ferramentas → azul (Serras mármore); salmão (Esmeris retos); amarelo (Lixadeiras pneumáticas ou elétricas à água); branco (lixadeiras ou esmerilhadeiras elétricas utilizadas em operações a seco).

Embora as ferramentas da marca BOSCH prevaleçam de forma significativa entre as esmerilhadeiras e lixadeiras angulares elétricas nos processos a seco, a introdução das lixadeiras pneumáticas à água, particularmente os modelos GPW de fabricação da GISON, vem crescendo significativamente no estado de São de Paulo,

conforme informações de profissionais que atuam no setor e representantes de trabalhadores e das empresas.

Entre as ferramentas de utilização predominante nas marmorarias avaliadas merecem destaque a esmerilhadeira angular GWS 20U e a serra mármore da Makita modelo 4100 NH, as quais sozinhas responderam por aproximadamente 48% do total das ferramentas observadas durante o período de avaliação.

7.2 Resultados da pesquisa no banco de dados Europeu Centralizado sobre vibrações em mãos e braços

A Tabela 11 apresenta os resultados da pesquisa realizada junto ao banco de dados Europeu Centralizado para Vibração em Mãos e Braços mantido pelo NIWF. Nessa tabela, foram reunidos os registros relacionados às operações com rochas ornamentais, similares àquelas presentes nas marmorarias. Parte dessas informações, como a potência, o peso e a rotação das ferramentas, disponibilizadas no banco de dados, estavam incompletas e foram incluídas na tabela mediante busca em endereços de fabricantes ou fornecedores desse tipo de equipamento. Alguns dados não puderam ser resgatados.

Nas Tabelas 12 e 13 procurou-se, com base nos registros do banco de dados do NIWF, agrupar outras situações de trabalho e ferramentas (esmerilhadeiras angulares, esmeris retos, politrizes e serras circulares), cujas características, pudessem apresentar alguma similaridade em relação às ferramentas ou condições de exposição encontradas nas marmorarias, a fim de propiciar uma maior abrangência nas discussões. Particularmente em relação aos esmeris retos e serras circulares poucas informações puderam ser resgatadas no referido banco de dados.

Os resultados apresentados no início da Tabela 12 referem-se às operações com ferramentas pneumáticas que utilizaram discos abrasivos e lixa. Para a lixadeira modelo (LSV36) da Atlas Copco, utilizada com o disco (P120), podem ser observadas variações significativas nas acelerações medidas, as quais variaram entre 2,7 a 12,3 m/s². As

demais situações apresentadas na tabela correspondem a ensaios normalizados conforme Norma Européia EN/ISO 8662 (CE) para ferramentas com características iguais ou similares às aquelas presentes nas marmorarias. Outras ferramentas de diferentes fabricantes foram também incluídas na tabela para fins de comparação.

Observa-se na Tabela 12, que a vibração medida em ensaios com esmerilhadeiras angulares da marca BOSCH, com características de peso, potência e rotação próximas às esmerilhadeiras encontradas nas marmorarias, resultou em acelerações iguais a 5 ou 5,5 m/s^2 . É interessante notar que esses mesmos valores de aceleração foram também obtidos em esmerilhadeiras e lixadeiras de diferentes modelos da marca BOSCH, com características técnicas bem diferenciadas.

A análise custo benefício utilizada na escolha de determinado tipo ou modelo de ferramenta, leva em consideração as suas características técnicas, robustez, vida útil, facilidade de manutenção entre outros aspectos. O ruído e a vibração gerados pelas ferramentas constituem importantes parâmetros a serem considerados nessa escolha, uma vez que, a exposição ocupacional dos operadores implica também em custos. A título de exemplo quanto à possibilidade de escolha entre ferramentas que geram níveis de vibração mais baixos, pode-se citar o modelo G23SF da Hitachi (Tabela 12) com especificações técnicas (potência, peso e rotação) próximas às esmerilhadeiras encontradas nas marmorarias (2000W, 4,2 Kg, 6600 rpm). O dado de ensaio dessa ferramenta forneceu um valor de aceleração inferior a 2,5 m/s^2 .

Tabela 11: Vibração medida em esmerilhadeiras angulares elétricas em situações de trabalho relacionadas ao beneficiamento de rochas ornamentais, segundo banco de dados do NIWF

Fabricante	Modelo	Potência	Peso	Rotação ⁽¹⁾	Situação de trabalho ⁽²⁾	$a_{mx}^{(3)}$	$a_{my}^{(3)}$	$a_{mz}^{(3)}$	$a_{mr}^{(4)}$	Punho
		(W)	(Kg)	(RPM)						
B&D Star	P 59-24	—	5,5	—	Corte de rocha: granito	3,0	—	3,3	4,5	Auxiliar
Bosch	GWS 18-230	1800	4,2	6500	Desbaste: travertino	3,0	—	3,2	4,4	Principal
Bosch	GWS 18-230	1800	4,2	6500	Desbaste: travertino	2,8	—	4,8	5,6	Auxiliar
Rupes	LT 3	—	4,8	—	Polimento: travertino	0,9	0,9	1,3	1,8	Principal
Rupes	LT 3	—	4,8	—	Corte de rocha: travertino	1,0	1,5	1,1	2,1	Principal
Rupes	LT 3	—	4,8	—	Polimento: travertino	1,3	1,1	2,6	3,1	Principal
Bosch	2370	—	4,5	—	desbaste: travertino	0,8	0,8	4,4	4,5	Auxiliar
Bosch	GWS 7-115	—	1,5	—	Desbaste: travertino	0,8	1,0	1,3	1,8	Auxiliar
Bosch	GWS 18-230	1800	4,2	6500	Corte de rocha: travertino	3	2,9	4,2	5,9	Principal
Bosch	GWS 18-230	1800	4,2	6500	Corte de rocha: travertino	4,2	3,1	2,7	5,9	Auxiliar
Bosch	GWS 18-230	1800	4,2	6500	Corte de rocha: granito	1,4	1,4	1,6	2,5	Auxiliar
Bosch	GWS 7-115	750	1,7	11000	Corte de rocha: granito	2,8	—	4,1	5,0	Auxiliar
Bosch	2370	—	4,5	—	Desbaste: travertino	0,6	0,6	6,1	6,2	Auxiliar
Bosch	GWS 7-115	750	1,7	11000	Desbaste: travertino	2,5	—	1,9	3,1	Principal
Bosch	GWS 18-230	1800	4,2	6500	Corte de rocha: granito	3,4	1,0	1,4	3,8	Auxiliar
Bosch	GWS 7-115	750	1,7	11000	Corte de rocha: granito	2,8	3,9	2,5	5,4	Principal
B&D Star	LEM L1	—	3,5	—	Corte de rocha: granito	1,9	—	4,6	5,0	Auxiliar

continuação da Tabela 11...

Fabricante	Modelo	Potência (W)	Peso (Kg)	Rotação ⁽¹⁾ (RPM)	Situação de trabalho ⁽²⁾	a_{mx} ⁽³⁾	a_{my} ⁽³⁾	a_{mz} ⁽³⁾	a_{mr} ⁽⁴⁾	Punho
						(m/s ²)				
Bosch	GWS 10-125	1020	1,6	11000	Desbaste: granito	2,5	—	1,3	2,8	Principal
B&D Star	LEM L1	—	3,5	—	Desbaste: granito	1,2	—	2,4	2,7	Auxiliar
B&D Star	LEM L1	—	3,5	—	Polimento: granito	0,8	—	0,9	1,2	Principal
Bosch	GWS 10-125	1020	1,6	11000	Corte de rocha: granito	3,8	—	4,4	5,8	Auxiliar
Bosch	GWS 10-125	1020	1,6	11000	Corte de rocha: granito	1,7	—	1,0	2,0	Principal
Bosch	GWS 10-125	1020	1,6	11000	Desbaste: granito	1,7	—	2,0	2,6	Auxiliar
B&D Star	LEM L1	—	3,5	—	Polimento: granito	0,8	—	2,5	2,6	Principal
Bosch	GWS 10-125	1020	1,6	11000	Desbaste: granito	3,5	—	2,0	4,0	Auxiliar
Bosch	GWS 10-125	1020	1,6	11000	Desbaste: granito	4,0	—	1,5	4,3	Principal
B&D Star	P 77-01	—	6,7	—	Polimento: granito	0,4	—	0,8	0,9	Principal
Bosch	GSS 6	—	3,9	—	Polimento: granito	0,4	—	0,5	0,6	Auxiliar

(1) - Rotação sem carga

(2) - Corresponde à situação de trabalho durante o processo de medição, conforme consta no banco de dados do NIWF.

(3) - Corresponde a aceleração medida segundo a direção dos eixos X, Y, Z

(4) - Aceleração resultante, calculada a partir das acelerações a_x , a_y e a_z

[Fonte: Modificado de NIWL, 2005]

Tabela 12: Dados da vibração em situações de trabalho e de ensaio normalizado (CE), para ferramentas elétricas e pneumáticas classificadas como esmerilhadeiras/politrizes segundo banco de dados do NIWF

Fabricante	Modelo⁽¹⁾	Vibração⁽²⁾ (m/s²)	Potência (W)	Peso (Kg)	Rotação⁽³⁾ (RPM)	Situação considerada⁽⁴⁾	a_{mx}	a_{my}	a_{mz}	a_{mr}	Punho
Atlas Copco	LSV 27 S04 ⁽⁵⁾	3	—	—	—	Operação com lixa de papel 135 mm (aspera)	2,0	1,8	1,3	3,0	auxiliar
Atlas Copco	LSV 36 ⁽⁵⁾	12	—	—	—	Disco:P 120, 150 mm	1,4	3,5	11,7	12,30	auxiliar
Atlas Copco	LSV 36 ⁽⁵⁾	3,6	—	—	—	Disco:P 120, 150 mm	3,1	1,4	1,2	3,60	auxiliar
Atlas Copco	LSV 36 ⁽⁵⁾	2,5	—	—	—	Disco:P 120, 150 mm	2,2	0,7	0,9	2,50	principal
Atlas Copco	LSV 36 ⁽⁵⁾	3,5	—	—	—	Disco:P 120, 150 mm	3,2	1,1	0,8	3,50	auxiliar
Atlas Copco	LSV 36 ⁽⁵⁾	4,4	—	—	—	Disco:P 120, 150 mm	3,5	2,5	1,1	4,40	auxiliar
Atlas Copco	LSV 36 ⁽⁵⁾	2,8	—	—	—	Disco:P 120, 150 mm	1,9	1,4	1,4	2,70	auxiliar
Kawasaki*	KPT-37P ⁽⁵⁾	1,8	—	2,4	—	CE	—	—	—	—	—
Kawasaki*	KPT-38S ⁽⁵⁾	1,8	—	2,4	—	CE	—	—	—	—	—
Makita	9217SPC	< 2,5	810	3,5	1500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 7-115	5	750	1,6	11000	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 7-115 S	5	750	1,6	11000	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 10-125 C/CS	5	1020	1,6	11000	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 10-125 CE/CES	5	1020	1,6	2800	CE	—	—	—	—	—

continuação da Tabela 12...

Fabricante	Modelo ⁽¹⁾	Vibração ⁽²⁾ (m/s ²)	Potência (W)	Peso (Kg)	Rotação ⁽³⁾ (RPM)	Situação considerada ⁽⁴⁾	a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}	Punho
Bosch	GWS 14-125 C/CS	5	1400	1,8	11000	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 14-150 CS	5	1400	1,9	9300	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 19-180	5,5	1900	4,2	8500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 19-230	5,5	1900	4,2	6500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 21 U	5,5	2100	4,2	5000	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 21-180 S	5,5	2100	4,2	8500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 21-230 S/JS	5,5	2100	4,2	6500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 24-180 JS	5,5	2400	4,8	8500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GWS 24-230 JS	5,5	2400	4,8	6500	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GPO 12 E	5,5	1200	3,5	750	CE	—	—	—	—	—
Bosch	GNS 14	5,5	1400	4,6	1900	CE	—	—	—	—	—
Fein	MSzx 648	< 2,5	650	3,6	980	CE	—	—	—	—	—
Atlas Copco	WP 1900	< 2,5	750	2,4	1900	CE	—	—	—	—	—

continuação da Tabela 12...

Fabricante	Modelo ⁽¹⁾	Vibração ⁽²⁾ (m/s ²)	Potência (W)	Peso (Kg)	Rotação ⁽³⁾ (RPM)	Situação considerada ⁽⁴⁾	a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}	Punho
Hitachi	G 13SB2	< 2,5	950	1,9	10000	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	G 13YC	< 2,5	1500	2	10000	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	G 18SH	< 2,5	2000	4,2	8500	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	G 18UB	< 2,5	2400	5	8500	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	G 23SF	< 2,5	2000	4,2	6600	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	G 23UB	< 2,5	2400	5	6600	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	GP2	< 2,5	520	1,7	25000	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	SAT 180	< 2,5	750	2,9	1900	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	SP 18V	3,5	1100	3	1400	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	SV 12V	3	300	2,8	4000	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	X 100	< 2,5	480	1,9	10000	CE	—	—	—	—	—
Black & Decker	KA220E	< 2,5	350		1100	CE	—	—	—	—	—
Black & Decker	KA230EK	< 2,5	170		6000	CE	—	—	—	—	—
Hitachi	SP18VA	3,5	1250	2,8	—	CE	—	—	—	—	—

(1) - Ferramentas cujos modelos foram selecionados entre as demais de mesma classificação por terem características similares ou para comparação àquelas utilizadas nas marmorarias.

(2) - Corresponde a aceleração medida em situação normal de trabalho ou em condições de ensaio da ferramenta conforme norma EN/ISO 8662.

(3) - Rotação sem carga.

(4) - Especificação da situação de trabalho, do acessório utilizado durante a operação da ferramenta, ou da condição de ensaio conforme consta no banco de dados do NIWF. O símbolo CE indica que o dado fornecido é relativo ao ensaio do equipamento segundo a EN / ISO 8662.

(5) - Ferramentas pneumáticas, todas as demais são elétricas.

[Fonte: Modificado de NIWL, 2005]

Tabela 13: Dados da vibração em situações de trabalho e de ensaio normalizado (CE), para ferramentas elétricas classificadas como esmeril reto e serra circular segundo critério do NIWF

Fabricante	Modelo ⁽¹⁾	Vibração ⁽²⁾ (m/s ²)	Potência (W)	Peso (Kg)	Rotação ⁽³⁾ (RPM)	Situação considerada ⁽⁴⁾	a _{mx}	a _{my} a _{mz} a _{mr} ⁽⁴⁾			Punho
								(m/s ²)	(m/s ²)	(m/s ²)	
Bosch	GG5 6 S	7	1150	3,9	6800	CE	—	—	—	—	—
Fein	MShy 649	< 2,5	750	3,6	8300	CE	—	—	—	—	—
Fein	MShy 664	2,5	1400	4,5	6900	CE	—	—	—	—	—
DeWALT	DW882	< 2,5	1800	6,7	5600	CE	—	—	—	—	—
Makita	SR 1600 ⁽⁵⁾	3,0	1000	3,7	4000	Operação não especificada	2,3	1,8	0,6	3,0	Principal
Metabo	KS 1468 S ⁽⁵⁾	4,4	—	5,6	—	Corte de alumínio	3,1	1,8	2,6	4,4	Principal

(1) - Ferramentas disponibilizadas pelo banco de dados do NIWF com características técnicas e físicas próximas àquelas utilizadas nas marmorarias.

(2) - Corresponde a aceleração medida em situações de trabalho ou em condições de ensaio da ferramenta.

(3) - Rotação sem carga.

(4) – Especificação da situação de trabalho ou acessório utilizado durante a operação da ferramenta, conforme consta no banco de dados do NIWF. O símbolo CE indica que o dado fornecido é relativo ao ensaio do equipamento segundo a norma EN / ISO 8662.

(5) – Modelos correspondentes às serras circulares, os demais são esmeris retos.

[Fonte: Modificado de NIWL, 2005]

7.3 Vibração medida durante as operações de desbaste e acabamento nas marmorarias

Os valores das acelerações obtidas durante as atividades habituais dos acabadores, foram lançados nas Tabelas 14, 15 e 16 e correspondem ao valor eficaz, equivalente, resultante das repetições e integrações realizadas para abranger as diversas operações, ferramentas, acessórios, posturas, procedimentos de trabalho, e os variados tipos de peças processadas nesse ramo de atividade. As situações ou condições especiais abordadas durante as avaliações também foram apresentadas nas tabelas de forma realçada e tratadas à parte.

Para facilitar a apresentação e discussão dos dados no processo a seco as operações foram subdivididas em dois grupos principais:

- a) operações de corte, desbaste e acabamento, onde são gerados os níveis de vibração mais elevados. Neste caso o termo “acabamento” se refere a um acabamento, “mais grosseiro”, com remoção de material em maior quantidade”, correspondente a uma fase inicial do processo.
- b) operações de acabamento fino e lustro, geram níveis de vibração de modo geral inferiores às operações anteriores, correspondendo a uma fase intermediária e final do processo.

Para o processo a úmido, o desbaste e acabamento inicial são realizados principalmente com discos diamantados e rebolos. O acabamento fino e lustro são obtidos mediante passagens sucessivas de discos cerâmicos de várias granulações.

Tabela 14: Vibração medida durante as operações de corte, desbaste e acabamento, com processo a seco

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
1	DA	14,3	8,9	5,2	17,5	GWS 18-U	Disco abrasivo	Medições realizadas com montagem do acelerômetro na extremidade do punho principal, fora da região de pega do operador.
2	DA	1,9	2,0	2,7	3,9	GWS 18-U	Disco abrasivo	Montagem com adaptador fixado na mão esquerda do operador apoio no punho principal
3	DA	2,4	2,2	1,2	3,5	GWS 18-U	Disco abrasivo	Medições realizadas com montagem do acelerômetro no corpo da ferramenta parte frontal (cabecote) montagem com abraçadeira de nylon.
4	AL	10,7	6,8	5,2	13,6	1323	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
5	AL	5,5	3,0	4,0	7,3	1323	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
6	CR	6,4	2,9	2,4	7,4	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
7	CR	28,8	15,2	12,4	34,8	GWS 20-U	Disco abrasivo	Idem montagem do registro anterior porém a aceleração é elevada devido às péssimas condições e desbalanceamento do disco abrasivo
8	CR	4,5	10,6	5,7	12,8	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
9	ES	6,0	4,3	2,1	7,7	GWS 18-230	Disco abrasivo	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
10	ES	5,5	3,3	8,2	10,4	GWS 23-230	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
11	ES	9,4	5,3	4,9	11,8	GWS 23-230	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
12	ES	7,2	2,3	4,0	8,5	GWS 23-230	Disco abrasivo	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
13	PI	10,5	4,9	4,9	12,6	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
14	PI	7,5	4,6	3,6	9,5	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
15	PI	20,2	12,4	9,5	25,5	GWS 20-U	Disco abrasivo	Ferramenta com punho auxiliar antivibratório, porém o operador constantemente alternava a pega junto ao corpo da lixadeira e junto o punho auxiliar
16	PI	8,3	5,5	3,3	10,4	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
17	PI	5,0	4,1	2,2	6,8	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
18	PI	9,3	6,1	3,5	11,6	GWS 20-U	Disco abrasivo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
19	EU	6,1	2,5	3,0	7,2	GWS 20-U	Disco abrasivo	Ferramenta com punho auxiliar antivibratório. Segura o punho durante todo o tempo de operação. montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349

continuação da Tabela 14...

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
20	EU	26,1	8,1	14,5	30,9	GWS 20-U	Disco abrasivo	Ferramenta com punho auxiliar antivibratório, porém o operador constantemente alternava a pega junto ao corpo da lixadeira e punho auxiliar. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
21	DI	3,9	2,7	3,9	6,1	GWS-20 U	Disco diamantado	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
22	DI	5,4	1,9	1,9	6,0	GWS-20 U	Disco diamantado	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
23	DI	7,3	2,0	1,7	7,7	GWS-20 U	Disco diamantado	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
24	DI	8,4	1,7	2,9	9,0	GWS-20 U	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
25	DI	6,5	2,1	1,9	7,0	GWS-20 U	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
26	AL	12,1	4,8	4,4	13,7	1323	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
27	AL	6,4	3,1	5,3	8,9	1323	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
28	AL	5,7	3,7	2,7	7,3	1323	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
29	AL	9,2	5,7	6,1	12,4	1323	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
30	AL	3,8	2,7	2,8	5,4	1323	Disco diamantado	Medições realizadas no punho principal. Montagem conforme ISO 5349
31	AL	7,5	1,8	4,1	8,7	1323	Disco diamantado	Medições realizadas no punho principal. Montagem conforme ISO 5349
32	PI	4,0	2,6	2,4	5,3	GWS 23-180	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
33	PI	11,6	7,4	4,4	14,4	GWS 20-U	Disco diamantado	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
34	EU	13,3	6,0	6,1	15,8	GWS 20-U	Disco diamantado	Ferramenta com punho auxiliar antivibratório. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
35	PI	6,6	4,3	3,3	8,5	GWS 23-180	Rebolo	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
36	MF	5,6	1,9	3,3	6,7	GWS 20-180	Rebolo cônico	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
37	MF	3,8	1,9	1,8	4,6	GWS 20-180	Rebolo cônico	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
38	AL	2,9	1,5	3,4	4,7	Esmeril reto ⁽⁴⁾	Rebolo	Medições no PA conforme ISO 5349

continuação da Tabela 14...

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
39	CR	6,4	4,9	7,8	11,2	Esmeril reto ⁽⁵⁾	Rebolo	Medições no PA conforme ISO 5349
40	PI	3,2	1,6	3,1	4,7	Esmeril reto ⁽⁵⁾	Rebolo	Medições no PA conforme ISO 5349
41	PI	2,3	3,3	1,8	4,4	4100NH ⁽⁶⁾	Disco abrasivo	Medições no punho conforme ISO 5349. Operação de desbaste de bordas
42	AL	2,6	3,5	1,9	4,7	4100NH ⁽⁶⁾	Disco abrasivo	Medições no punho conforme ISO 5349. Operação de desbaste de bordas
43	GS	3,8	3,6	2,5	5,8	4100NH ⁽⁶⁾	Disco de corte	Medições no punho conforme ISO 5349. Operação de corte de granito
44	DI	5,0	10,4	7,8	13,8	4100NH ⁽⁶⁾	Disco de corte	Medições no punho conforme ISO 5349. Esta operação corresponde a uma situação forçada de corte em arco em condição de risco e com elevação da vibração gerada.

(1) - Código das empresas avaliadas

(2) - Aceleração equivalente, valor eficaz, ponderada em frequência (*W_h*)

(3) – Principal ferramenta e acessório utilizados pelo operador durante o processo de medição

(4) - Corresponde à uma situação ou condição específica durante as operações de desbaste ou acabamento

(5) - Marca SIR, utilizadas em geral no desbaste e acabamento de bordas internas. Todas as demais ferramentas com exceção das serras mármores são da marca BOSCH

(6) - Serras mármore do fabricante Makita.

Tabela 15: Vibração medida durante as operações de acabamento fino e lustro com lixas, processo a seco

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
45	MF	1,7	1,1	1,7	2,6	GWS 20-180	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
46	ZE	2,8	7,4	2,7	8,3	GPW-7	Lixa 120	Ferramenta pneumática utilizada com lixa a seco. Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
47	DA	1,2	1,7	1,8	2,7	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
48	DA	2,2	1,6	2,0	3,4	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
49	DA	1,6	1,8	1,8	2,9	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
50	DA	5,2	4,6	3,9	8,0	GWS 18-U	Lixa 120	Medição no punho principal. Montagem do acelerômetro conforme ISO 5349
51	DA	1,7	1,3	1,1	2,4	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Predominância de lixa 36. Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
52	DA	1,5	1,3	1,1	2,2	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Predominância de lixa 120. Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
53	IT	12,5	3,7	2,8	13,3	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Montagem no PA na extremidade do punho lado distante do corpo da ferramenta
54	IT	5,6	2,5	4,8	7,8	GWS 18-U	Seqüência de lixas	Medição realizada no corpo da ferramenta parte frontal onde o operador apóia constantemente a mão
55	IT	3,9	1,2	1,3	4,3	GWS 18-U	Seqüência de lixas (espanhola)	Seqüência de lixas + brilho final com feltro em prato. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
56	IT	0,9	1,2	2,0	2,5	GWS 18-U	Seqüência de lixas (espanhola)	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
57	AL	2,9	1,6	2,5	4,1	1323	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
58	AM	1,2	2,6	0,9	3,0	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Medição realizada no corpo da ferramenta parte frontal onde o operador apóia constantemente a mão
59	CR	1,7	9,8	3,0	10,3	GWS 20-U	Costa de lixa	Condição ruim do prato utilizado, resultando em elevação da vibração
60	CR	21,8	11,5	9,5	26,3	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Prato com suporte de borracha rachado em condição ruim, resultando descentralização e elevação da vibração
61	ES	1,1	1,1	0,9	1,8	GWS 18-230	Seqüência de lixas	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
62	ES	1,2	1,2	0,9	1,9	GWS 18-230	Seqüência de lixas	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
63	ES	2,3	1,6	1,8	3,4	GWS 23-230	Seqüência de lixas	Montagem com adaptador fixado na mão do operador

continuação da Tabela 15...

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
64	PI	6,6	3,6	3,4	8,2	GWS 23-180	Seqüência de lixas	O operador segura entre o punho auxiliar o corpo da ferramenta. A posição da mão varia. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
65	PI	3,9	1,8	1,4	4,5	GWS 23-180	Seqüência de lixas (espanhola)	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
66	PI	1,2	1,2	1,4	2,2	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
67	PI	2,0	2,2	1,9	3,5	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
68	EU	2,1	1,3	0,7	2,6	GNS 14	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
69	EU	2,5	1,6	1,0	3,1	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Ferramenta com punho auxiliar antivibratório. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
70	EU	1,0	0,7	0,8	1,4	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Montagem com adaptador fixado na mão do operador
71	EU	3,0	2,5	1,9	4,4	GWS 20-U	Seqüência de lixas	Medições com montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
72	MF	2,6	1,3	2,2	3,6	GWS 20-180	Costa de lixa	Operações de lustro com utilização de cera. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
73	AM	4,3	3,1	2,1	5,7	GWS 20-U	Costa de lixa	Operações de lustro com utilização de cera. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
74	PI	5,1	3,4	3,7	7,1	GWS 23-180	Costa de lixa	Operações de lustro com utilização de cera. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349
75	EU	1,0	0,3	0,5	1,1	Esmeril reto ⁽⁵⁾	Ponta de fibra	Lustro com fibra macia. Montagem do acelerômetro no PA conforme ISO 5349

(1) - Código das empresas avaliadas

(2) - Aceleração equivalente, valor eficaz, ponderada em freqüência (*Wh*)

(3) – Principal ferramenta e acessório(s) utilizados pelo operador durante o processo de medição

(4) – Principal ferramenta ou acessório utilizados pelo operador durante o processo de medição

(5) - Fabricante Makita modelo 9105, todas as demais ferramentas são de fabricação da BOSCH

Tabela 16: Vibração medida durante operações de desbaste, acabamento e lustro com processo a úmido

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
75	ZE	2,8	2,5	1,9	4,2	GPW-7	Rebolo cônico	Operação de desbaste com rebolo 120
76	GS	4,5	2,3	2,5	5,7	GPW-215	Disco diamantado	Operação de desbaste
77	GS	3,7	0,8	1,3	4,0	GPW-215 ⁽⁵⁾	Disco diamantado desgastado + Discos cerâmicos	Operação de desbaste e acabamento fino
78	ZE	5,5	4,7	2,4	7,6	GPW-215	Disco diamantado	Operação de desbaste
79	ZE	4,0	2,2	3,7	5,8	GPW-215	Rebolo cônico	Operação de desbaste
80	GS	2,7	2,5	1,1	3,9	GPW-215 ⁽⁵⁾	Disco diamantado desgastado + Discos cerâmicos	Operação de desbaste e acabamento fino
81	GS	2,3	2,2	0,9	3,3	GPW-215	Disco diamantado desgastado + Discos cerâmicos	Operação de desbaste e acabamento fino
82	GS	2,1	0,7	0,8	2,4	GPW-215	Disco diamantado + Discos cerâmicos	Operação de desbaste e acabamento fino. Medição realizada no punho principal
83	ZE	1,6	1,3	1,3	2,4	GPW-7	Discos cerâmicos	Seqüência de discos
84	IT	1,6	1,7	0,5	2,3	GPW-7	Discos cerâmicos	Seqüência de discos
85	GS	1,9	0,4	0,7	2,1	GPW-7	Discos cerâmicos	Seqüência de discos, montagem do acelerômetro no punho principal.
86	GS	2,0	1,1	1,2	2,6	GPW-7	Discos cerâmicos	Seqüência de discos
87	GS	2,8	1,1	0,7	3,1	GPW-211	Discos cerâmicos	Seqüência de discos
88	GS	2,8	2,5	0,8	3,8	GPW-211	Discos cerâmicos	Seqüência de discos
89	GS	1,1	0,6	0,4	1,3	GPW-211	Discos cerâmicos	Montagem no Punho Principal
90	ZE	3,3	2,2	1,8	4,3	GPW-215	Discos cerâmicos	Seqüência de discos
91	GS	2,3	1,1	0,6	2,6	GPW-215 ⁽⁵⁾	Discos cerâmicos	Seqüência de discos

continuação da Tabela 16...

Reg.	Cód. ⁽¹⁾	Aceleração ⁽²⁾ m/s ²				Ferramenta ⁽³⁾	Acessórios ⁽³⁾	Descrição ⁽⁴⁾
		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}			
92	GV	2,8	1,9	1,5	3,7	Flex (elétrica) ⁽⁵⁾	Discos cerâmicos	Seqüência de discos. Montagem no punho auxiliar
93	GV	2,1	1,1	2,1	3,2	Flex (elétrica) ⁽⁵⁾	Discos cerâmicos	Montagem na mão do operador e utilização de seqüência de discos
94	GV	1,5	0,8	1,1	2,0	Flex (elétrica) ⁽⁵⁾	Discos cerâmicos	Montagem no punho principal e com a utilização de seqüência de discos cerâmicos, todos em bom estado
95	GV	1,9	1,0	1,0	2,4	Flex (elétrica) ⁽⁵⁾	Discos cerâmicos	Montagem no punho principal e com a utilização de seqüência de discos cerâmicos, sendo que um deles (N 800) possuía uma condição irregular
96	GV	3,9	2,0	1,6	4,6	Flex (elétrica) ⁽⁵⁾	Disco cerâmico único	Montagem no punho principal com disco (800) de condição irregular

(1) - Código das empresas avaliadas

(2) - Aceleração equivalente, valor eficaz, ponderada em freqüência (Wh)

(3) – Principal ferramenta e acessório(s) utilizados pelo operador durante o processo de medição

(4) - Corresponde à operação ou condição específica observada durante a avaliação. Exceto quando houver outra descrição, as montagens foram realizadas conforme ISO 5349: 2001, mediante uso de acelerômetro triaxial fixado nos punhos auxiliares por meio de abraçadeira

(5) - Medições realizadas na mesma ferramenta

7.3 1 Estimativa e análise da exposição ocupacional dos acabadores à vibração em mãos e braços

A determinação da aceleração média, representativa das atividades realizadas no acabamento, foi calculada considerando-se de forma independente os dois tipos de processos de acabamento presentes nas marmorarias: a seco e a úmido.

a) Processo a seco

A estimativa da exposição diária relativa à função de acabador foi feita pela composição das operações de desbaste, acabamento inicial, acabamento fino e lustro, considerando-se a aceleração medida no punho auxiliar das ferramentas, utilizando-se montagens rígidas dos acelerômetros com abraçadeiras metálicas conforme procedimentos previstos na parte 2 da ISO 5349:2001. A exposição média esperada dos operadores que exercem a função ao longo do tempo, inclui as diversas situações e condições de trabalho encontradas nas marmorarias estudadas.

A abordagem não foi feita para cada modelo de ferramenta, já que os acabadores estão sujeitos à utilização de diversos tipos e modelos de ferramentas ao longo do tempo nesse tipo de atividade. De outro lado, a variação da vibração encontrada para um mesmo modelo de ferramenta no caso das lixadeiras é elevada, ou seja, as variáveis presentes no processo de trabalho e que influem de forma significativa na vibração que chega às mãos dos operadores possuem maior influência que as diferenças produzidas em razão dos diferentes modelos de ferramentas utilizados. Ainda neste último caso, vale observar que as ferramentas de uma mesma categoria e de maior incidência nos processos produtivos possuem características próximas em relação ao peso, à potência e à rotação máxima.

A Tabela 17 apresenta as acelerações médias e desvio padrão, obtidos a partir dos registros apresentados nas Tabelas 14 e 15 correspondentes à montagem conforme a norma ISO 5349: 2001.

Tabela 17: Acelerações médias relativas às operações a seco com montagem do acelerômetro conforme ISO 5349:2001 parte 2.

Operação	Registros considerados	Aceleração (m/s ²)			
		a_{mx}	a_{my}	a_{mz}	a_{mr}
Desbaste e acabamento	4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43	6,5 ± 2,60	4,0 ± 1,95	3,8 ± 1,71	8,7 ± 2,97
Acabamento fino e lustro	45, 47, 48, 51, 52, 55, 57, 58, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74	2,6 ± 1,16	1,9 ± 0,71	1,7 ± 0,75	3,6 ± 1,31

As informações disponíveis no banco de dados do NIWF (compiladas na Tabela 11), relativas às atividades de corte, desbaste e polimento de granitos e travertinos, foram agrupadas na Tabela 18 considerando-se cada tipo de operação. A maioria das ferramentas utilizadas nessas operações possuíam características similares àquelas encontradas nas marmorarias. Os dados apresentados na Tabela 11 foram obtidos a partir de avaliações com base na norma ISO 5349, segundo o NIWF. Entretanto, os responsáveis por essas informações não forneceram detalhes sobre as condições e os procedimentos utilizados na obtenção desses dados, sendo os mesmos insuficientes para uma melhor caracterização ou detalhamento da exposição considerada.

Ao compararmos as acelerações resultantes médias (**a_{mr}**) da Tabela 17, correspondentes às avaliações realizadas nas marmorarias, verificamos que para todas as operações abordadas, os resultados são bem superiores às acelerações apresentadas na Tabela 18 obtidas a partir do banco de dados do NIWF. Por exemplo aceleração média resultante para o desbaste nas marmorarias resultou em 8,7 ± 2,97 m/s², no caso da tabela dos dados do NIWF o valor mais elevado para o desbaste (Travertino) resultou em 4,5 ± 1,9 m/s².

Tabela 18: Acelerações médias calculadas a partir do banco de dados do NIWF

Tipo de operação considerada no beneficiamento de rochas ornamentais,	Aceleração média resultante* \pm dp			
	Punho auxiliar		Punho Principal	
	m/s^2			
Corte de rocha: granito	4,43	\pm 1,2	3,70	\pm 2,40
Corte de rocha: travertino	5,90	-- ----	4,00	\pm 2,69
Desbaste: granito	3,10	\pm 0,8	3,55	\pm 1,06
Desbaste: travertino	4,53	\pm 1,9	3,75	\pm 0,92
Polimento: granito	0,60	-- ----	1,57	\pm 0,91
Polimento: travertino	----	-- ----	2,45	\pm 0,92

* Corresponde a média resultante (a_{mr}) e desvio padrão (dp) das acelerações nos punhos auxiliares e punho principal para os diversos tipos de operação com rochas ornamentais relacionadas na Tabela 11. Parte dos dados da tabela não foram preenchidos devido à ausência ou insuficiência da informação disponível no referido banco de dados.

As acelerações médias e desvios padrão correspondentes à montagem do acelerômetro triaxial junto às mãos dos operadores, mediante o uso de adaptador de palma, foram calculados a partir dos registros fornecidos nas Tabelas 14 e 15 e resumidos na Tabela 19.

Tabela 19: Acelerações médias relativas às operações a seco com fixação do acelerômetro nas mãos dos operadores

Operação	Registros considerados	Aceleração (m/s^2)			
		a_{mx}	a_{my}	a_{mz}	a_{mr}
Desbaste e acabamento	9, 12, 21, 22, 23, 37	5,6 \pm 1,41	2,5 \pm 0,96	2,6 \pm 1,13	6,7 \pm 1,45
Acabamento fino e lustro	49, 56, 61, 62, 63, 66, 70	1,3 \pm 0,48	1,3 \pm 0,36	1,4 \pm 0,51	2,3 \pm 0,69

Quando das montagens rígidas dos acelerômetros com abraçadeiras metálicas conforme procedimento previsto na parte 2 da ISO 5349, observou-se que, apesar da atenção e cuidados empreendidos na obtenção de um sinal representativo da exposição dos operadores, a vibração medida era fortemente influenciada pelas mudanças de posição das mãos, pelas forças de prensão aplicadas nas ferramentas e pelas forças exercidas para a execução das tarefas. Quando o punho auxiliar não tinha o apoio da

mão ou este era fraco, passava a vibrar livremente implicando aumento da aceleração, a qual era somada (integrada) ao resultado medido.

Na prática isto significa contabilizar um sinal de vibração superior àquele que atinge as mãos dos operadores. Tais situações foram observadas de forma mais contundente nos registros 15, 20, 34 e 64 das Tabelas 14 e 15. Em razão desses aspectos observamos que as acelerações exibidas na Tabela 17, obtidas conforme procedimento previsto na norma ISO 5349:2001, são mais elevadas quando comparadas àquelas apresentadas na Tabela 19, devido às diferenças de montagem dos acelerômetros. Os resultados obtidos com a fixação do acelerômetro nas mãos dos operadores (Tabela 19) foram considerados mais próximos da verdadeira exposição desses trabalhadores.

Reforçando os aspectos citados nos parágrafos anteriores, durante as medições relativas ao registro 19 da Tabela 14 ($a_{mr} = 7,2 \text{ m/s}^2$), o operador foi orientado a executar a operação segurando o punho auxiliar durante todo o tempo, em contrapartida ao registro 20 ($a_{mr} = 30,9 \text{ m/s}^2$), no qual o operador ficou livre para executar a mesma tarefa, porém, na sua forma habitual, alternando a pega junto ao corpo da ferramenta e punho auxiliar, deixando na maior parte do tempo o punho livre. Nesta última condição a aceleração média resultante, medida no punho auxiliar, foi em torno de quatro vezes superior à situação anterior, denotando a influência significativa das posturas empreendidas pelos acabadores no processo de medição e o cuidado necessário que deve ter o avaliador quanto aos procedimentos a serem aplicados na obtenção de um sinal representativo da exposição.

Determinação do tempo de exposição dos operadores

Um outro parâmetro importante na avaliação da exposição dos operadores é o tempo médio de contato das mãos com a VMB. Esta informação foi estimada por meio de amostragens com duração aproximada de uma hora, de forma a cobrir diversos ciclos de trabalho, compreendendo as operações típicas de desgaste, acabamento, lustro, colagem e montagens de tipos variados de peças trabalhadas nas marmorarias. Durante cada período amostrado foi medido o tempo total de contato dos operadores com a vibração, ou seja, o tempo de contato das mãos com as ferramentas vibratórias. Foram

colhidas 26 amostras, duas por empresa. A porcentagem média correspondente ao tempo de contato com a vibração foi de 47,4%. O valor mínimo foi de 35% e o máximo observado foi de 58% com um desvio padrão de 6,8%.

Durante as amostragens para determinação do tempo de contato dos operadores com a vibração (Figura 23), foram também medidos os tempos de duração das operações (denominadas de grupo 1) relativas ao desbaste e acabamento com discos diamantados, discos abrasivos e rebolos. Pela diferença entre o tempo total de contato com o agente e o tempo gasto nas operações do grupo 1, obteve-se o tempo empreendido pelos operadores no polimento com lixas e costas de lixas destinadas ao acabamento fino e lustro. Essas medições envolveram as 26 amostras citadas no parágrafo anterior, com cinco repetições para cada situação, de modo a cobrir operações de ciclo completo, do desbaste ao acabamento fino.

Dessa forma, para fins de composição da exposição diária, a distribuição considerada mais provável resultou em torno de 35% do tempo para as operações de desbaste e acabamento e de 65% para o acabamento fino e lustro. A Figura 24 apresenta as distribuições obtidas e os respectivos valores mínimo, médio, máximo e desvio padrão.

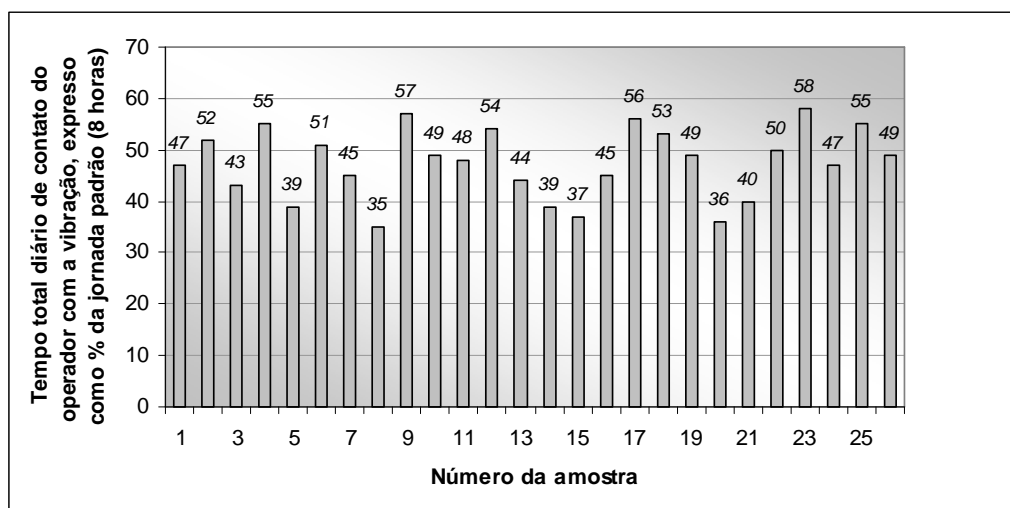


Figura 23: Distribuição do tempo total diário de contato do operador com a vibração (T_c)

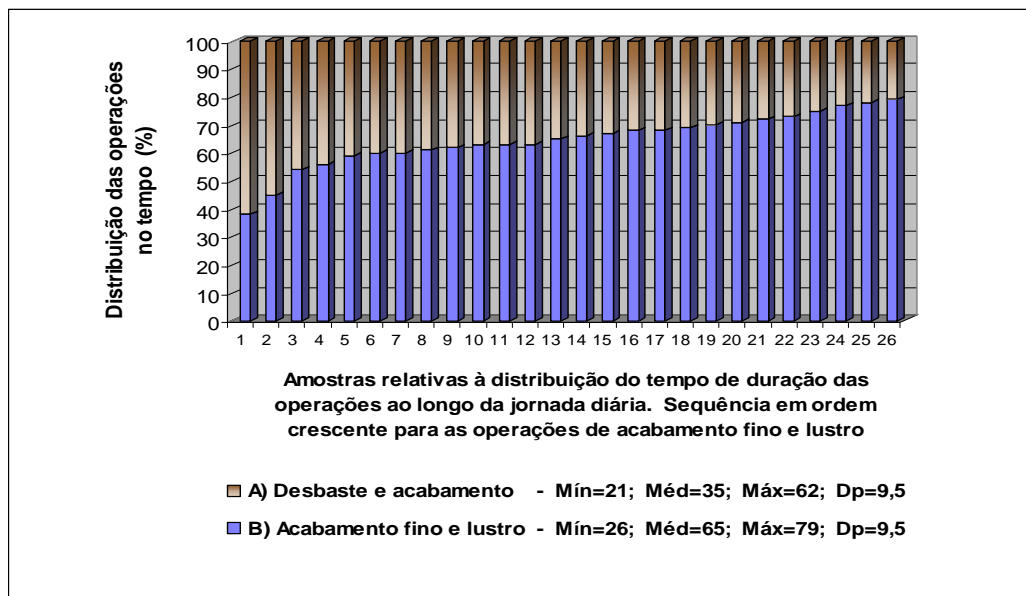


Figura 24: Distribuição do tempo de duração das operações típicas ao longo da jornada diária de trabalho nas marmorarias

A estimativa da exposição dos acabadores foi feita por meio da determinação da aceleração de exposição normalizada [A(8)]. Segundo a norma de referência a ISO 5349: 2001, a exposição diária à vibração pode ser obtida por meio da Equação [2], já citada onde:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^n a_{hv_i}^2 \times t_i}$$

Mediante a aplicação da fórmula anterior e considerando-se os parâmetros obtidos durante as avaliações em campo, nas situações rotineiras de trabalho dos acabadores, chegamos à seguinte expressão para o cálculo da exposição diária normalizada:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \left[(a_{D.A.}^2 \times 0,01P_1 \times T_C) + (a_{A.L.}^2 \times 0,01P_2 \times T_C) \right]} \quad [4]$$

Onde:

$a_{D.A.}$ - é a aceleração média resultante (a_{mr}) relativa às operações de desbaste e acabamento em m/s^2 .

$a_{A.L.}$ - é a aceleração média resultante (a_{mr}) relativa às operações de acabamento fino e lustro em m/s^2 .

T_C - é tempo total diário de contato das mãos com a vibração em horas.

- P_1 - é a duração da operação desbaste e acabamento em relação ao T_C em porcentagem (%).
- P_2 - é a duração da operação de acabamento fino e lustro em relação ao T_C em porcentagem (%).

Segundo LEIDEL; BUSH; LYNCH (1977) e MULHASEN; DAMIANO (1998) embora não conheçamos a exposição média “verdadeira”, é possível a construção de intervalos onde se pode afirmar que ela se situa com um grau de certeza definido em geral com 95% de confiança.

O valor da aceleração de exposição normalizada é obtido pela composição de diversas variáveis, as quais possuem suas distribuições e permitem a construção de intervalos de confiança (bilateral) e análise das curvas cumulativas dessas distribuições (unilateral).

Considerando-se as diversas possibilidades dos parâmetros que compõem a aceleração de exposição normalizada e a simultaneidade dessas ocorrências, pode-se obter o intervalo de confiança correspondente à distribuição dos valores de $A(8)$, ao nível de significância de 95%. Os limites desse intervalo, calculados para os dados apresentados na Tabela 19, ou seja, com a montagem dos acelerômetros junto às mãos dos operadores, conduzem aos seguintes valores: $A(8)_{inf.} = 1,0 \text{ m/s}^2$ e $A(8)_{sup.} = 5,8 \text{ m/s}^2$, relativos respectivamente à situação de exposição dos operadores “mais favorável e menos desfavorável”, para o intervalo considerado. O valor obtido para a média das exposições corresponde a uma aceleração $A(8)_{média} = 3,0 \text{ m/s}^2$.

Os parâmetros utilizados no cálculo do intervalo citado no parágrafo anterior foram:

<u>Para $A(8)_{inf.}$</u>	<u>Para $A(8)_{sup.}$</u>
$a_{D.A.} = 3,9 \text{ m/s}^2$	$a_{D.A.} = 9,6 \text{ m/s}^2$
$a_{A.L.} = 1,0 \text{ m/s}^2$	$a_{A.L.} = 3,6 \text{ m/s}^2$
$T_C = 2,73 \text{ h}$	$T_C = 4,86 \text{ h}$

$$\begin{array}{ll}
 P_1 = 16,7 \% & P_1 = 53,9 \% \\
 P_2 = 83,3 \% & P_2 = 46,1 \%
 \end{array}$$

Trabalhando-se com o valor do nível de ação em vigor na Comunidade Européia, $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$, e utilizando-se os parâmetros que permitem obter esse valor, ou seja: $a_{D.A.} = 6,4 \text{ m/s}^2$, $a_{A.L.} = 1,9 \text{ m/s}^2$, $T_C = 3,5 \text{ h}$, $P_1 = 30,8 \%$ e $P_2 = 69,2 \%$, conforme Equação 4, observa-se que pelo menos 68% dos valores correspondentes à aceleração de exposição normalizada estão acima de $2,5 \text{ m/s}^2$, ou seja, há um predominância significativa da exposição acima do nível de ação.

Para fins de exemplo e discussão, foram construídas as Tabelas 20 e 21, onde foram fixados os valores dos parâmetros medidos em campo de forma a compor diversas situações de exposição, inclusive aquelas de ocorrência mais provável, relacionadas à aplicação da média dos valores da distribuição desses parâmetros. Nessas tabelas, foram também inclusos os tempos necessários para que a exposição atinja o Nível de Ação [$A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$] e o Limite de Exposição Ocupacional [$A(8) = 5 \text{ m/s}^2$] estipulados pela Diretiva 2002/44/CE da União Européia. Esses tempos podem ser obtidos a partir da equivalência de exposições, de modo que seja atendida a igualdade $A(T_1)^2 \times T_1 = A(T_2)^2 \times T_2$, conforme a norma de referência (ISO 5349: 2001).

As Tabelas 20 e 21, foram obtidas considerando-se a montagem dos acelerômetros junto às mãos dos operadores, e no punho das ferramentas conforme dados provenientes das Tabela 19 e 17, respectivamente.

O tempo necessário para atingir o nível de ação (T_{NA}) correspondente a uma aceleração de $2,5 \text{ m/s}^2$, foi obtido da seguinte forma:

$$A(T_1)^2 \times T_1 = A(T_2)^2 \times T_2$$

$$T_1 = \frac{A(8)^2 \times 8}{A(T_1)^2}$$

Para $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$ resulta:

$$T_{N.A.} = \frac{2,5^2 \times 8}{a_{h,v}^2}$$

$$T_{NA} = 50 / a_{h,v}^2 \quad [\text{horas}] \quad [5]$$

Onde:

a_{hv} - corresponde a aceleração média resultante, representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais.

De modo similar, o $T_{L.E.}$, tempo necessário para atingir o limite de exposição ocupacional, correspondente a uma aceleração de 5 m/s^2 [A(8)], resulta em:

$$T_{LEO} = 200 / a_{h,v}^2 \quad [\text{horas}] \quad [6]$$

Nas Tabelas 20 e 21, foram considerados quatro tipos de composição envolvendo as operações de desbaste, acabamento e lustro. Essas quatro composições foram conjugadas com os tempos estimados (mínimo, médio e máximo) de contato dos operadores com a vibração. A situação de exposição considerada mais provável, com base nas observações realizadas nas marmorarias, compreende um tempo total médio diário (T_C) de contato com a vibração de 47,4% da jornada padrão, ou seja, em torno de 3,8 horas. A distribuição mais provável dos tempos gastos para execução das operações realizadas foi subdividida em torno de 35% para o desbaste e acabamento inicial e 65% para o acabamento fino e lustro. Esta situação foi apresentada nas Tabelas 20 e 21 de forma hachurada.

Tabela 20: Exposição normalizada em função da composição das operações, considerando montagens dos acelerômetros junto às mãos dos operadores, conforme procedimento de medição alternativo

Sit. ⁽¹⁾	Composição ⁽²⁾	T.C. ⁽³⁾ (h)	a_{mr} ⁽⁴⁾	$A(8)$ ⁽⁵⁾	T_{NA} ⁽⁶⁾	T_{LEO} ⁽⁷⁾
			(m/s ²)	(m/s ²)	(h:min)	(h:min)
1	100% D.A.	2,8 horas (35% da jornada padrão)	6,7	4,0	1:07	4:27
2	100% A.L.		2,3	1,4	9:27	>24:00
3	50% D.A + 50% A.L.		5,0	3,0	2:00	8:00
4	35% D.A + 65% A.L.		4,4	2,6	2:35	10:20
5	100% D.A.	3,8 horas (47,4% da jornada padrão)	6,7	4,6	1:07	4:27
6	100% A.L.		2,3	1,6	9:27	>24:00
7	50% D.A + 50% A.L.		5,0	3,4	2:00	8:00
8	35% D.A + 65% A.L.		4,4	3,0	2:35	10:20
9	100% D.A.	4,6 horas (58% da jornada padrão)	6,7	5,1	1:07	4:27
10	100% A.L.		2,3	1,7	9:27	>24:00
11	50% D.A + 50% A.L.		5,0	3,8	2:00	8:00
12	35% D.A + 65% A.L.		4,4	3,3	2:35	10:20

(1) Situação considerada em razão da composição das operações e do tempo de contato com a vibração (Tc)

(2) Corresponde à porcentagem de tempo na qual um conjunto de operações é executado ao longo da jornada considerando-se as seguintes situações de trabalho: **DA** = Desbaste e acabamento / **AL** = Acabamento fino e lustro

(3) Tempo total diário de contato dos operadores com a VMB e a respectiva porcentagem em relação a jornada padrão (8 horas). Esses valores correspondem ao tempo mínimo, médio e máximo observado durante as avaliações.

(4) aceleração média resultante, representativa de determinada operação ou conjunto de operações.

(5) Aceleração resultante correspondente à exposição diária, projetada para um período de 8 horas, também denominada de aceleração de exposição normalizada.

(6) Tempo necessário para que a aceleração ($a_{h,v}$) correspondente à composição considerada atinja o Nível de Ação estipulado pela Diretiva 2002/44/CE.

(7) Tempo necessário para que a aceleração ($a_{h,v}$) correspondente à composição considerada atinja o Limite de Exposição Ocupacional estipulado pela Diretiva 2002/44/CE.

Para a situação de exposição considerada mais provável (situação 8), verifica-se que a aceleração normalizada $A(8)$ supera o nível de ação. Neste caso o tempo para atingir o nível de ação está em torno de duas horas e meia.

Tabela 21: Exposição normalizada em função da composição das operações, considerando a montagem dos acelerômetros no punho auxiliar, conforme ISO 5349:

Sit. ⁽¹⁾	Composição ⁽²⁾	T.C. ⁽³⁾ (h)	a_{mr} ⁽⁴⁾	$A(8)$ ⁽⁵⁾	T_{NA} ⁽⁶⁾	T_{LEO} ⁽⁷⁾
			(m/s ²)	(m/s ²)	(h:min)	(h:min)
1	100% D.A.	2,8 horas (35% da jornada padrão)	8,7	5,1	0:40	2:39
2	100% A.L.		3,6	2,1	3:51	15:26
3	50% D.A + 50% A.L.		6,7	4,0	1:07	4:27
4	35% D.A + 65% A.L.		5,9	3,5	1:26	5:45
5	100% D.A.	3,8 horas (47,4% da jornada padrão)	8,7	6,0	0:40	2:39
6	100% A.L.		3,6	2,5	3:51	15:26
7	50% D.A + 50% A.L.		6,7	4,6	1:07	4:27
8	35% D.A + 65% A.L.		5,9	4,1	1:26	5:45
9	100% D.A.	4,6 horas (58% da jornada padrão)	8,7	6,6	0:40	2:39
10	100% A.L.		3,6	2,7	3:51	15:26
11	50% D.A + 50% A.L.		6,7	5,1	1:07	4:27
12	35% D.A + 65% A.L.		5,9	4,5	1:26	5:45

(1) Situação considerada em razão da composição das operações e do tempo de contato com a vibração (Tc).
(2) Corresponde à porcentagem de tempo na qual um conjunto de operações é executado ao longo da jornada considerando-se as seguintes situações de trabalho: **DA** = Desbaste e acabamento / **AL** = Acabamento fino e lustro
(3) Tempo total diário de contato dos operadores com a VMB e a respectiva porcentagem em relação a jornada padrão (8 horas). Esses valores correspondem ao tempo mínimo, médio e máximo observado durante as avaliações.
(4) aceleração média resultante, representativa de determinada operação ou conjunto de operações.
(5) Aceleração resultante correspondente à exposição diária, projetada para um período de 8 horas, também denominada de aceleração de exposição normalizada.
(6) Tempo necessário para que a aceleração ($a_{h,v}$) correspondente à composição considerada atinja o Nível de Ação estipulado pela Diretiva 2002/44/CE.
(7) Tempo necessário para que a aceleração ($a_{h,v}$) correspondente à composição considerada atinja o Limite de Exposição Ocupacional estipulado pela Diretiva 2002/44/CE.

A montagem dos acelerômetros mediante a utilização de abraçadeiras no punho auxiliar, conforme ISO 5349 resulta em valores de vibração (Tabela 21) significativamente superiores à montagem dos acelerômetros junto às mãos dos operadores, conforme procedimento de medição alternativo, cujos valores (Tabela 20) foram considerados estimativas que melhor representam a exposição dos acabadores, pelos motivos já explicitados nos parágrafos anteriores.

Considerações em relação aos limites de exposição da ACGIH (2005)

Segundo a Norma Regulamentadora NR-9 (BRASIL, 1995), devem ser adotadas medidas voltadas à minimização ou o controle dos riscos quando a avaliação quantitativa da exposição dos trabalhadores excederem os limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes, os limites da ACGIH, apresentados na Tabela 4, para exposições à VMB. Segundo essa tabela, se a duração total da exposição diária estiver entre $4h \leq t < 8h$ o limite é 4 m/s^2 , para exposições entre $2h \leq t < 4h$ o limite é 6 m/s^2 . Para estabelecer a comparação com esses limites, deve-se utilizar o valor da aceleração correspondente ao eixo dominante, obtida com base na norma ISO 5349 (1986), a qual fornece a seguinte expressão para determinação da aceleração equivalente:

$$(a_{h,w})_{eq(T)} = \left\{ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n [(a_{h,w})_{eq(t_i)}]^2 t_i \right\}^{1/2} \quad [7]$$

Onde:

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

T - é a duração total obtida a partir da somatória de t_i

Entre os valores apresentados na Tabela 19, representativos da exposição dos acabadores no processo a seco, verifica-se que a composição das acelerações no eixo x prevalece em relação aos demais eixos ($\mathbf{a}_{mx} = 5,6 \pm 1,41$, para o desbaste e acabamento e $\mathbf{a}_{mx} = 1,3 \pm 0,48$ para o acabamento fino e lustro).

Mediante a aplicação da expressão anterior [7] e considerando-se os parâmetros obtidos durante as avaliações em campo, nas situações rotineiras de trabalho dos acabadores, chegamos à seguinte expressão para o cálculo da aceleração equivalente, representativa da exposição diária, correspondente ao eixo mais significativo:

$$(a_{h,w})_{eq(x)} = \sqrt{\frac{1}{T_C} \left\{ [(a_{DA}^2)_x \times 0,01 \times P_1 \times T_C] + [(a_{AL}^2)_x \times 0,01 \times P_2 \times T_C] \right\}} \quad [8]$$

Onde:

$(a_{D.A.})_x$ - é a aceleração equivalente na direção x relativa às operações de desbaste e acabamento em m/s^2 .

$(a_{A.L.})_x$ - é a aceleração equivalente na direção x relativa às operações de acabamento fino e lustro em m/s^2 .

T_C - é tempo total diário de contato das mãos com a vibração em horas.

P_1 - é a duração da operação desbaste e acabamento em relação ao T_C em porcentagem (%).

P_2 - é a duração da operação de acabamento fino e lustro em relação ao T_C em porcentagem (%).

Considerando-se as diversas possibilidades dos parâmetros que compõem a aceleração equivalente e a simultaneidade dessas ocorrências, pode-se obter o intervalo de confiança correspondente à distribuição dos valores da aceleração equivalente na direção x, ao nível de significância de 95%. Os limites desse intervalo, calculados para os dados extraídos da Tabela 19, com a montagem dos acelerômetros junto às mãos dos operadores, conduzem aos seguintes valores:

$(a_{h,w})_{eq(x) \text{ inf.}} = 1,2 \text{ m/s}^2$ e $(a_{h,w})_{eq(x) \text{ sup.}} = 6,3 \text{ m/s}^2$, relativos respectivamente à situação de exposição dos operadores “mais favorável e menos desfavorável”, para o intervalo considerado. O valor obtido para a média das exposições corresponde a uma aceleração $(a_{h,w})_{eq(x) \text{ média}} = 3,5 \text{ m/s}^2$.

Os parâmetros utilizados no cálculo do intervalo citado foram:

<u>Para</u> $(a_{h,w})_{eq(x) \text{ inf.}}$	<u>Para</u> $(a_{h,w})_{eq(x) \text{ sup.}}$
$a_{D.A.} = 2,8 \text{ m/s}^2$	$a_{D.A.} = 8,4 \text{ m/s}^2$
$a_{A.L.} = 0,4 \text{ m/s}^2$	$a_{A.L.} = 2,2 \text{ m/s}^2$
$T_C = 2,73 \text{ h}$	$T_C = 4,86 \text{ h}$
$P_1 = 16,7 \%$	$P_1 = 54,0 \%$
$P_2 = 83,3 \%$	$P_2 = 46,0 \%$

Trabalhando-se com os limites de exposição da ACGIH (4 m/s^2 e 6 m/s^2) e utilizando os parâmetros que permitem atingir esses valores, ou seja:

$$a_{D.A.} = 6,2 \text{ m/s}^2, a_{A.L.} = 1,5 \text{ m/s}^2, T_C = 4,0 \text{ h}, P_1 = 39 \% \text{ e } P_2 = 61 \%, \text{ e}$$

$$a_{D.A.} = 8,1 \text{ m/s}^2, a_{A.L.} = 2,1 \text{ m/s}^2, T_C = 4,7 \text{ h}, P_1 = 52 \% \text{ e } P_2 = 48 \%,$$

respectivamente, conforme a expressão [8], observa-se que pelos 35% dos valores correspondentes à aceleração equivalente $(a_{h,w})_{eq(x)}$ superam os 4 m/s^2 e 4% superam os 6 m/s^2 . Com base nos limites da ACGIH a exposição dos acabadores merecerá maior atenção quando o tempo total de exposição diária à VMB for superior a quatro horas.

Discussão de situações especiais destacadas nas Tabelas 14 e 15 de forma hachurada.

Os registros 1, 2 e 3 da tabela 14, abordam situações em que o operador habitualmente não utiliza o punho auxiliar na ferramenta. Para a obtenção de um sinal representativo da exposição à vibração o acelerômetro foi fixado diretamente no parte frontal da ferramenta, conforme Figura 25. Também foi medida a vibração no punho principal com montagem do acelerômetro fixado na mão do operador mediante procedimento alternativo, registro 2. No registro 1 foi medida a vibração na extremidade do punho principal, cujo valor é significativamente superior à aceleração obtida junto à mão do operador.

Durante a abordagem nas empresas, observou-se que o desgaste ou acabamento nas bordas internas de determinadas peças, com área interna pequena, dificultava o acesso das ferramentas por falta de espaço. Nestes casos alguns operadores retiravam o punho auxiliar para permitir melhor posicionamento e movimentação da ferramenta.

Dois dos operadores avaliados em empresas distintas utilizavam um punho auxiliar nas lixadeiras com comprimento reduzido (punho cortado), segundo eles para facilitar a operação especialmente nas bordas das peças trabalhadas, em razão do peso das ferramentas. Nestes e em outros casos, a aproximação da mão ao centro de gravidade da ferramenta constitui um procedimento freqüente entre os operadores, por reduzir o esforço necessário na condução das operações.



Figura 25: Montagens relativas aos registros 1, 2 e 3 da Tabela 14

Os registros 7, 50, 53, 54, 59 e 60 (Tabelas 14 e 15), correspondem a acelerações elevadas, identificadas ao longo do processo de avaliação, resultantes de condições inadequadas dos acessórios utilizados, discos defeituosos, montagem ou centralização irregular dos discos nas ferramentas. Essas situações estão presentes ao longo da exposição dos operadores e foram contabilizadas na determinação da exposição diária.

As montagens utilizadas nos registros 30 e 31 foram feitas junto ao punho principal da ferramenta e foram obtidas em condições similares àquelas dos registros 28 e 29 (obtidos no punho auxiliar). Devido a um defeito na fixação do punho principal junto ao corpo da ferramenta, suspeitou-se que a vibração gerada no punho principal pudesse superar àquela gerada no punho auxiliar. Essa suspeita não foi confirmada.

Os registros 44, 46 e 75, foram destacados dos demais. O primeiro (nº 44) por representar uma situação forçada de corte em arco de uma bancada de granito com serra mármore resultando na elevação da vibração gerada e risco ao operador devido à possibilidade de quebra do disco. O segundo (nº 46) por utilizar uma ferramenta pneumática em processo à seco com lixa de diâmetro 180 mm não compatível, sendo que, essa ferramenta deveria trabalhar com água. O terceiro (nº 75) por corresponder a uma operação com ferramenta e acessório específico (ponta de fibra extremamente macia, situação atípica) não presenciados nas demais empresas, neste caso produzindo baixo nível de vibração.

b) Processo a úmido

De forma semelhante ao processo a seco, a estimativa da exposição diária foi feita pela composição das operações de desbaste, acabamento e lustro, considerando-se a aceleração medida no punho auxiliar das ferramentas, utilizando-se montagens rígidas dos acelerômetros com abraçadeiras metálicas conforme procedimento previsto na parte 2 da ISO 5349.

A Tabela 22 apresenta as acelerações médias, calculadas a partir dos registros fornecidos na Tabela 16 para os dois grupos de operações considerados no estudo.

Tabela 22: Acelerações médias relativas às operações a úmido com montagem do acelerômetro conforme ISO 5349:2001

Operação	Registros considerados	Aceleração (m/s^2)			
		a_{mx}	a_{my}	a_{mz}	a_{mr}
Desbaste e acabamento	75, 76, 77, 78, 79, 80, 81	$3,6 \pm 1,12$	$2,7 \pm 1,27$	$1,8 \pm 0,65$	$4,8 \pm 1,50$
Acabamento fino e lustro	83, 84, 86, 87, 88, 90, 91, 92	$2,2 \pm 0,90$	$1,6 \pm 0,52$	$1,2 \pm 0,60$	$3,0 \pm 0,74$

Considerando-se as diversas possibilidades dos parâmetros que compõem a aceleração de exposição normalizada e a simultaneidade dessas ocorrências, pode-se obter para o processo a úmido, o intervalo de confiança (95%) correspondente à distribuição dos valores de $A(8)$. Os limites desse intervalo, calculados para os dados apresentados na Tabela 22, conduzem aos seguintes valores: $A(8)_{inf.} = 0,9 m/s^2$ e $A(8)_{sup.} = 5,0 m/s^2$, relativos respectivamente à situação de exposição dos operadores “mais favorável e menos desfavorável”, para o intervalo considerado. O valor obtido para a média das exposições corresponde a uma aceleração $A(8)_{média} = 2,6 m/s^2$.

Para fins de exemplo e comparação com Tabela 21, foi construída para o processo a úmido a Tabela 23, a qual traz a estimativa da exposição diária normalizada com base nas acelerações médias relacionadas na Tabela 22, para as mesmas composições das operações e tempos de contato (TC) considerados no processo a seco.

Tabela 23: Exposição diária normalizada em função da composição das operações, considerando a montagem dos acelerômetros no punho auxiliar, conforme ISO 5349: processo a úmido

Sit. ⁽¹⁾	Composição ⁽²⁾	T.C. ⁽³⁾ (h)	a_{mr} ⁽⁴⁾	$A(8)$ ⁽⁵⁾	T_{NA} ⁽⁶⁾	T_{LEO} ⁽⁷⁾
			(m/s ²)	(m/s ²)	(h:min)	(h:min)
1	100% D.A.	2,8 horas (35% da jornada padrão)	4,8	2,8	2:10	8:41
2	100% A.L.		3,0	1,8	5:33	22:13
3	50% D.A + 50% A.L.		4,0	2,4	3:08	12:30
4	35% D.A + 65% A.L.		3,7	2,2	3:39	14:37
5	100% D.A.	3,8 horas (47,4% da jornada padrão)	4,8	3,3	2:10	8:41
6	100% A.L.		3,0	2,1	5:33	22:13
7	50% D.A + 50% A.L.		4,0	2,8	3:08	12:30
8	35% D.A + 65% A.L.		3,7	2,6	3:39	14:37
9	100% D.A.	4,6 horas (58% da jornada padrão)	4,8	3,6	2:10	8:41
10	100% A.L.		3,0	2,3	5:33	22:13
11	50% D.A + 50% A.L.		4,0	3,0	3:08	12:30
12	35% D.A + 65% A.L.		3,7	2,8	3:39	14:37

(1) Situação considerada em razão da composição das operações e do tempo de contato com a vibração (Tc).

(2) Corresponde à porcentagem de tempo na qual um conjunto de operações é executado ao longo da jornada considerando-se as seguintes situações de trabalho: **DA** = Desbaste e acabamento / **AL** = Acabamento fino e lustro

(3) Tempo total diário de contato dos operadores com a VMB e a respectiva porcentagem em relação a jornada padrão (8 horas). Esses valores correspondem ao tempo mínimo, médio e máximo observado durante as avaliações.

(4) aceleração média resultante, representativa de determinada operação ou conjunto de operações.

(5) Aceleração resultante correspondente à exposição diária, projetada para um período de 8 horas, também denominada de aceleração de exposição normalizada.

(6) Tempo necessário para que a aceleração ($a_{h,v}$) correspondente à composição considerada atinja o Nível de Ação estipulado pela Diretiva 2002/44/CE.

(7) Tempo necessário para que a aceleração ($a_{h,v}$) correspondente à composição considerada atinja o Limite de Exposição Ocupacional estipulado pela Diretiva 2002/44/CE.

Ao compararmos as exposições diárias relativas aos processos a seco e a úmido, obtidas conforme ISO 5349:2001, resumidas na Figura 26, verifica-se que para todas as situações as exposições foram menores no processo a úmido. As diferenças entre as situações relativas às operações de acabamento fino e lustro, mantiveram-se mais próximas. Essas operações nos processos a úmido são executadas mediante troca constante de discos cerâmicos de diversas granulações, fixados por meio de velcro. Esse

tipo de fixação requer a atenção do operador quanto a centralização dos discos junto à ferramenta, a fim de evitar o aumento da vibração gerada.

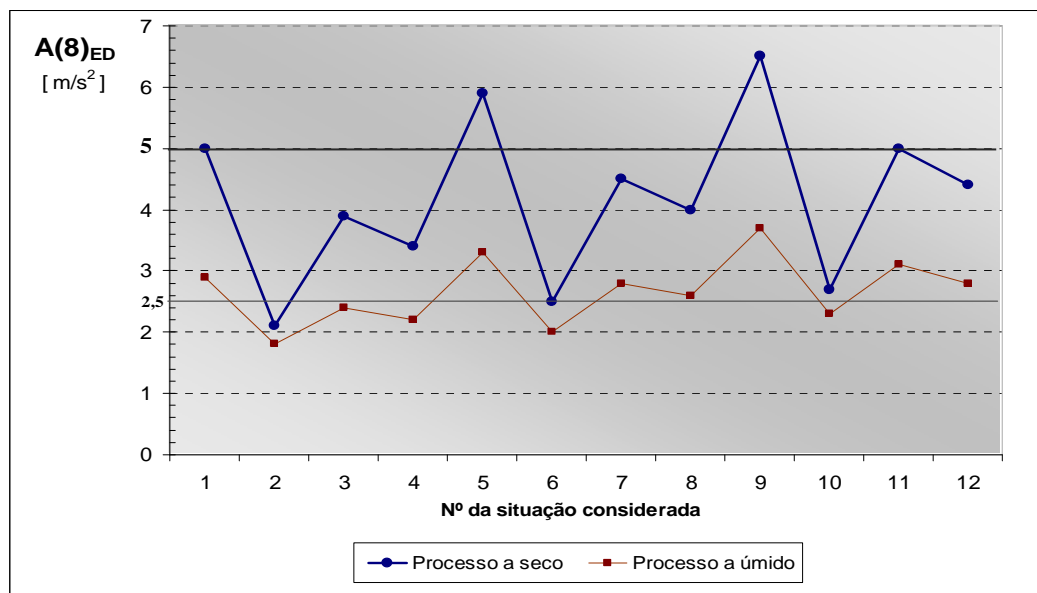


Figura 26: Exposições diárias relativas aos processos a seco e a úmido em função das composições das operações no tempo

Considerando-se o limite superior do intervalo de confiança para o processo a úmido onde $A(8) = 5,0 \text{ m/s}^2$ e o valor corresponde a média, ou seja, $A(8) = 2,6 \text{ m/s}^2$, observa-se que com pelo menos 95% de confiança as exposições não superam o limite de exposição, no entanto, 54% dessas exposições estão acima do nível de ação ($A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$).

Discussão de situações especiais destacadas na Tabela 16 de forma hachurada.

No banco de dados do NIWL não foram encontradas informações com relação às ferramentas que vêm sendo utilizadas nos processos a úmido nas empresas avaliadas. Os registros 82, 85, 89 e 94 correspondem a medições efetuadas nos punhos principais das ferramentas, representativas das exposições dos operadores. Em todas as situações avaliadas os valores obtidos foram inferiores àqueles encontrados no punho auxiliar.

Os registros 92 e 93 se diferenciam entre si quanto às montagens utilizadas na determinação do sinal. As avaliações foram executadas dentro de condições similares de operação da ferramenta. Nesse tipo de lixadeira o punho auxiliar está localizado na frente junto à parte superior central da ferramenta. Devido a essas características, verificou-se que o operador manteve uma postura de pega constante e centralizada junto ao punho, o que motivou uma aproximação das acelerações medidas para os dois tipos de montagem.

Durante as operações de acabamento e lustro relativas aos registros 94, 95 e 96 utilizou-se uma seqüência de seis discos cerâmicos com diversas granulações (220, 400, 800, 3500 e 8500). Um dos discos (800) apresentava defeito em sua borda além de desgaste geral excessivo. A contribuição desse disco com relação ao aumento da vibração pode ser observada nos registros 95 e 96. Esse tipo de situação serve de alerta aos operadores quanto à necessidade de substituição de acessórios desgastados ou defeituosos. Esse cuidado deve ser aplicado durante todo o processo de trabalho, de modo a minimizar a exposição diária ao agente.

Os intervalos de confiança (95%) relativos à distribuição das acelerações de exposição normalizada $A(8)$, obtida para o processos a seco e a úmido, foram resumidos na Figura 27, considerando-se os dois tipos de montagem utilizados. Em torno das médias, foram apresentados mais dois valores a título de exemplo. Esses valores foram calculados a partir do intervalo de confiança (95%) inferior e superior das médias das variáveis que compõem a aceleração normalizada. Em todas as situações observa-se a predominância das exposições acima do nível de ação ($2,5 \text{ m/s}^2$).

No processo a seco com montagem do acelerômetro no punho, observa-se que a curva cumulativa (análise unilateral) da distribuição da aceleração de exposição normalizada indica que 80% da acelerações estão acima dos $2,5 \text{ m/s}^2$. Para o processo a seco com montagem do acelerômetro na mão do operador, 68% estão acima dos $2,5 \text{ m/s}^2$ e para o processo a úmido 54% da distribuição supera o nível de ação. Esses valores foram inclusos na Figura 27.

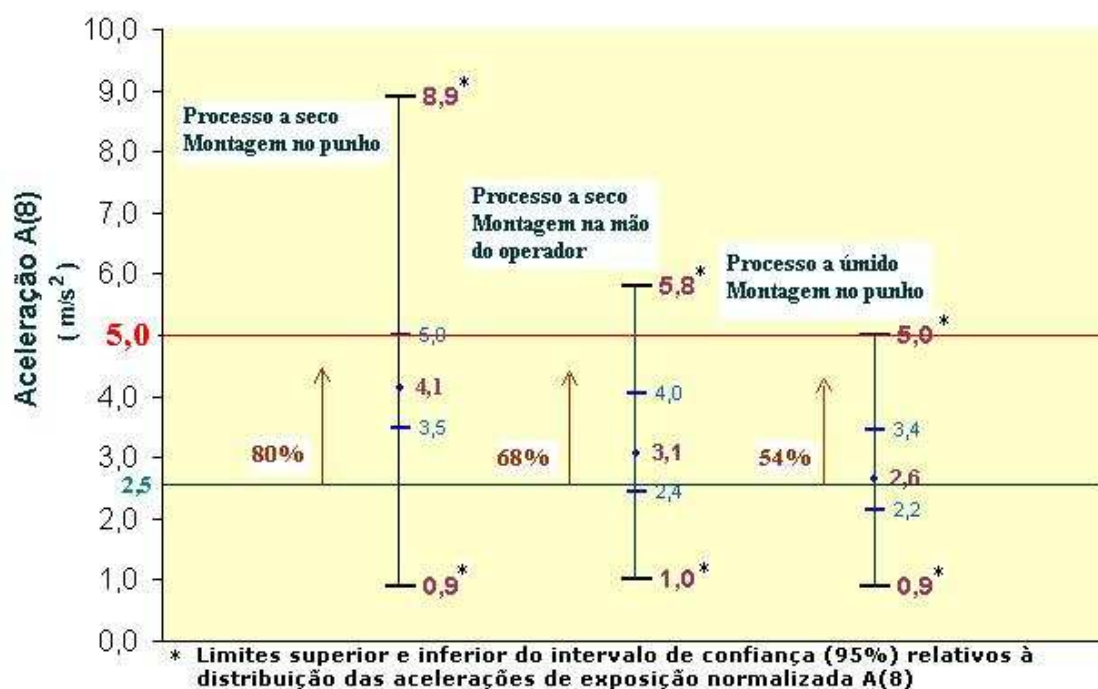


Figura 27: Intervalos de confiança (95%) para a distribuição da aceleração de exposição normalizada A(8), em função do tipo de processo e da montagem de acelerômetro utilizada

7.4 Acelerações medidas em ensaios com diferentes situações e características de montagem dos acelerômetros

Por meio dos ensaios apresentados na Tabela 24 procurou-se inicialmente verificar as diferenças na vibração devidas ao posicionamento dos acelerômetros ao longo do punho auxiliar e na mão do operador. Essas medições foram realizadas com a ferramenta em rotação máxima, alterando-se em algumas situações a condição de desbalanceamento do disco. Durante esses ensaios a variação máxima da velocidade de rotação foi de 5%. O operador segurou a ferramenta numa posição horizontal à 85cm do piso, paralela à bancada de apoio, empreendendo uma força de prensão no punhos denominada de normal, suficiente para suportar a ferramenta numa posição estável.

O punho utilizado nos ensaios, fornecido pelo fabricante em conjunto com a ferramenta (BOSCH modelo GPO 14E), possui características similares à maioria dos punhos presentes nas marmorarias, não sendo classificado como anti-vibratório. O eixo z utilizado nas tabelas 24 e 26 corresponde à direção paralela ao eixo de rotação do

disco, o eixo y é paralelo ao eixo central do punho auxiliar e eixo x perpendicular aos anteriores, conforme Figura 28.

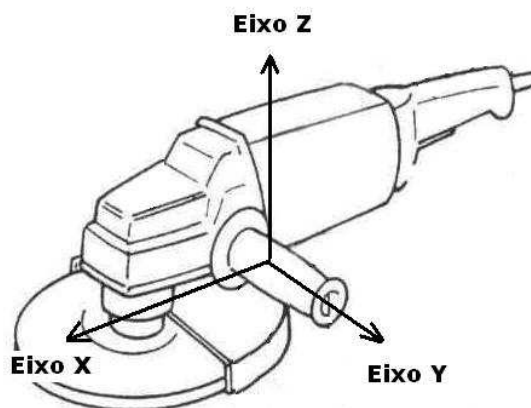


Figura 28: Orientação dos eixos utilizados nos ensaios

Tabela 24: Acelerações obtidas nos ensaios em laboratório com diferentes montagens e posicionamento dos transdutores

Sit. (1)	Aceleração Equivalente ⁽²⁾				Aceleração Média ⁽³⁾		Montagem (Descrição / Observações)
	a_{mx}	a_{my}	a_{mz}	a_{mr}	[m/s ²]		
	[m/s ²]						
1	3,55	4,64	6,86	8,98	$a_x = 3,67 \pm 0,21$	Acelerômetro 356B21 montado com suporte de alumínio e abraçadeira no punho auxiliar na posição inferior, junto à extremidade distante do corpo da ferramenta , conforme Figura 29. As situações de 1 a 3 foram obtidas numa mesma condição de desbalanceamento do disco.	
	3,91	4,61	7,04	9,25	$a_y = 4,68 \pm 0,06$		
	3,64	4,65	6,95	9,10	$a_z = 7,04 \pm 0,16$		
	3,86	4,71	7,29	9,46	$a_{xyz} = 9,19 \pm 0,18$		
	3,40	4,77	7,04	9,14			
2	2,50	4,29	5,13	7,12	$a_x = 2,76 \pm 0,15$	Idem situação anterior, porém com Acelerômetro 356B21 montado no centro do punho auxiliar , conforme Figura 29.	
	2,78	4,30	5,47	7,47	$a_y = 4,30 \pm 0,01$		
	2,82	4,30	5,39	7,43	$a_z = 5,36 \pm 0,15$		
	2,80	4,32	5,29	7,36	$a_{xyz} = 7,39 \pm 0,16$		
	2,89	4,31	5,51	7,55			
3	2,17	3,57	3,13	5,21	$a_x = 2,13 \pm 0,03$	Idem situação anterior, porém com Acelerômetro 356B21 montado próximo ao corpo da lixadeira conforme Figura 29. A distância ao longo do punho entre as montagens nas situações 1 e 3 é de aproximadamente 100 mm.	
	2,13	3,57	3,20	5,23	$a_y = 3,56 \pm 0,04$		
	2,09	3,52	3,27	5,23	$a_z = 3,26 \pm 0,09$		
	2,12	3,53	3,35	5,29	$a_{xyz} = 5,26 \pm 0,06$		
	2,16	3,61	3,33	5,35			
4	0,57	1,41	5,28	5,48	$a_x = 0,76 \pm 0,15$	Montagem com o adaptador de palma (+ mini acelerômetro triaxial modelo SEN026) apoiado na parte superior central do punho auxiliar. O adaptador é mantido na posição com uma camada de fita adesiva. As situações de 4 a 7 foram obtidas numa mesma condição de desbalanceamento do disco, porém, diferente das situações de 1 a 3.	
	0,71	1,24	5,23	5,40	$a_y = 1,26 \pm 0,10$		
	0,97	1,13	4,82	5,02	$a_z = 5,14 \pm 0,19$		
	0,81	1,25	5,23	5,42	$a_{xyz} = 5,33 \pm 0,18$		
	0,74	1,26	5,14	5,33			
5	1,90	2,13	4,86	5,63	$a_x = 1,93 \pm 0,21$	Idem situação anterior porém com o adaptador de palma montado na borda inferior central do punho auxiliar	
	1,70	2,32	4,91	5,69	$a_y = 2,26 \pm 0,09$		
	1,77	2,33	4,99	5,77	$a_z = 4,97 \pm 0,10$		
	2,15	2,31	4,97	5,87	$a_{xyz} = 5,78 \pm 0,13$		
	2,14	2,20	5,13	5,96			
6	0,77	1,27	5,21	5,40	$a_x = 0,83 \pm 0,06$	Montagem com o adaptador de palma (+ mini acelerômetro triaxial modelo SEN026) fixado à mão do operador com 3 camadas de fita adesiva. Pega na parte superior central do punho auxiliar.	
	0,76	1,33	5,60	5,79	$a_y = 1,28 \pm 0,03$		
	0,88	1,26	5,59	5,77	$a_z = 5,45 \pm 0,16$		
	0,87	1,29	5,49	5,70	$a_{xyz} = 5,65 \pm 0,16$		
	0,86	1,25	5,37	5,57			
7	2,49	3,07	4,38	5,88	$a_x = 2,27 \pm 0,38$	Montagem do acelerômetro 356B21 com suporte de alumínio e abraçadeira de nylon na parte inferior central do punho auxiliar.	
	2,57	2,95	4,82	6,19	$a_y = 3,00 \pm 0,06$		
	2,57	2,95	4,82	6,19	$a_z = 4,77 \pm 0,24$		
	1,86	3,06	5,05	6,17	$a_{xyz} = 6,07 \pm 0,16$		
	1,84	2,98	4,80	5,92			
8	1,35	0,56	6,14	6,29	$a_x = 1,46 \pm 0,15$	Montagem com o adaptador de palma (+ mini acelerômetro triaxial modelo SEN026) fixado à mão do operador com 1 camada de fita adesiva. Pega na parte superior central do punho auxiliar. Foram introduzidas modificações no desbalanceamento do disco em relação às situações 4 a 7.	
	1,45	0,56	6,35	6,52	$a_y = 0,55 \pm 0,01$		
	1,30	0,55	6,05	6,20	$a_z = 6,20 \pm 0,12$		
	1,67	0,55	6,30	6,52	$a_{xyz} = 6,37 \pm 0,14$		
	1,55	0,55	6,14	6,34			

Continuação da Tabela 24...

Sit. (1)	Aceleração Equivalente ⁽²⁾				Aceleração Média ⁽³⁾		Montagem (Descrição / Observações)
	a_{mx}	a_{my}	a_{mz}	a_{mr}	[m/s ²]		
	[m/s ²]						
9	1,65	0,55	5,73	5,98	$a_x = 1,75 \pm 0,10$		Idem situação anterior porém foram utilizadas 4 camadas de fita adesiva para fixação do adaptador à mão do operador
	1,65	0,50	5,82	6,04	$a_y = 0,56 \pm 0,06$		
	1,77	0,62	6,12	6,38	$a_z = 6,04 \pm 0,26$		
	1,78	0,50	6,19	6,45	$a_{xyz} = 6,30 \pm 0,28$		
	1,89	0,64	6,34	6,63			
10	1,22	2,84	1,07	3,26	$a_x = 1,45 \pm 0,18$		Acelerômetro SEN021 montado com suporte de alumínio e abraçadeira de nylon junto ao cabeçote da lixadeira. Operação sem o punho auxiliar.
	1,34	3,35	1,32	3,83	$a_y = 3,63 \pm 0,59$		
	1,44	3,57	1,38	4,08	$a_z = 1,36 \pm 0,18$		
	1,57	4,04	1,48	4,57	$a_{xyz} = 4,13 \pm 0,64$		
	1,66	4,36	1,55	4,91			
11	2,50	2,37	1,93	3,94	$a_x = 2,33 \pm 0,30$		Idem situação anterior, porém com montagem na mão do operador com adaptador de palma apoiado no cabeçote da ferramenta. Situação considerada comparável com a anterior.
	2,48	2,38	2,07	4,00	$a_y = 2,57 \pm 0,28$		
	2,65	2,37	2,15	4,14	$a_z = 2,06 \pm 0,08$		
	2,00	2,78	2,09	4,00	$a_{xyz} = 4,04 \pm 0,09$		
	2,03	2,95	2,07	4,12			

- (1) Os grupos com a situação de mesma cor correspondem a ensaios realizados com um mesmo desbalanceamento do disco e com variações da velocidade de rotação inferior a 5%.
- (2) Aceleração equivalente segundo os eixos X,Y,Z e respectiva aceleração resultante
- (3) Corresponde à média das acelerações equivalentes, segundo as direções x, y e z, e à média das acelerações resultantes com seus respectivos desvios padrão.



Figura 29: Posicionamentos do acelerômetro no punho auxiliar

Segundo a norma de referência, ISO 5349-2: 2001, o acelerômetro deve ser fixado na região dos punhos onde o operador normalmente segura a ferramenta, nas condições habituais de trabalho. Essa localização pode diferir daquela especificada para teste das ferramentas em condições controladas de ensaio em laboratório.

A partir das comparações entre as diversas acelerações na Tabela 24, obteve-se os seguintes resultados por meio da análise de variância (ANOVA), conforme Tabela 25.

Tabela 25: Resultados da análise de variância (ANOVA) com 1 fator

Situações comparadas (FATOR) ⁽¹⁾	Acel. ⁽²⁾ Diferente (s)	Acel. ⁽³⁾ igual (s)	Observações gerais e diferenças percentuais entre as acelerações médias para os eixos cujas acelerações foram consideradas diferentes
1, 2 e 3	X, Y, Z, R	---	Ensaio realizado para um mesmo desbalanceamento do disco. A variação da rotação nestas situações foi inferior a 5%. (rotação média igual a 5975 rpm)
4 e 5	X, Y, R	Z	Rotação do adaptador de palma em torno do punho auxiliar na posição central. A variação da rotação foi inferior a 5% (rotação média igual a 5868 rpm). Dif. X=154% Dif. Y=79%
4 e 6	R	X, Y, Z	Mesma posição do adaptador, porém com fixação direta sobre o punho auxiliar (sit. 4) e na mão do operador (sit. 6) com três camadas de fita.
5 e 7	Y	X, Z, R	Montagens com diferentes acelerômetros na parte inferior central do punho auxiliar. Dif. Y=33%
8 e 9	X	Y, Z, R	Mesmo tipo de montagem na mão do operador e mesmo ponto de medição, variação apenas do número de camadas de fita adesiva. Dif. X=20%
10 e 11	X, Y, Z	R	Montagem junto ao cabeçote da ferramenta com diferentes acelerômetros Dif. X=61% Dif. Y=41% Dif. Z=51%

(1) O Fator corresponde à situações comparadas.

(2) Eixos cujas acelerações apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,05$), por meio do teste de Scheffe.

(3) Eixos cujas acelerações não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$).

As situações 1, 2 e 3 da Tabela 24, correspondem a ensaios realizados numa mesma condição de desbalanceamento do disco. Os resultados indicaram que a vibração

ao longo do punho varia de forma significativa ($P \leq 0,05$) em todos os eixos, sendo crescente no sentido do corpo da ferramenta à extremidade do punho. Essas variações são comuns neste tipo de ferramenta, e foram descritas em outros trabalhos (FERREIRA, 1993; STAYNER, 1997), bem como, foram observadas nos punhos das ferramentas utilizadas pelos acabadores, durante os trabalhos de campo. A Figura 30 permite uma visualização fácil da variação da aceleração ao longo do punho auxiliar nas três situações discutidas.

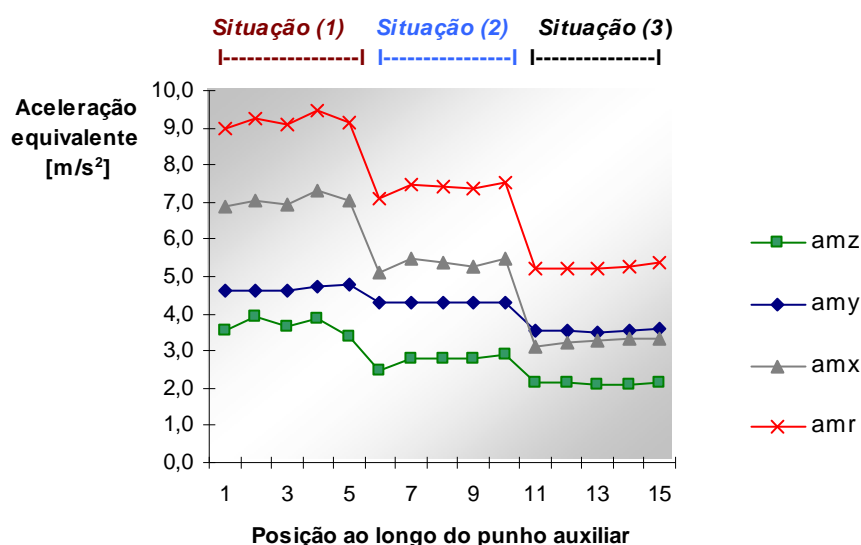


Figura 30: Variação da vibração ao longo do punho auxiliar

A variação da magnitude da vibração ao longo do punho, observada nos ensaios em laboratório, também foi constatada durante os trabalhos de campo. Essas variações, aliadas às mudanças constantes na posição de pega e nas forças aplicadas pelos acabadores, dificultam a obtenção de um sinal representativo da exposição, quando a fixação do acelerômetro é executada diretamente no punho. Neste caso, o posicionamento do acelerômetro deveria acompanhar as mudanças da mão ao longo do punho. Do ponto de vista prático a montagem do acelerômetro junto à mão do operador contabiliza de forma mais adequada as posições assumidas pela mão e as forças aplicadas durante a execução das tarefas.

As situações de 4 a 7 foram obtidas numa mesma condição de operação e desbalanceamento do disco. As situações 4 e 5 diferem entre si quanto ao

posicionamento do acelerômetro no centro do punho, na região superior e inferior respectivamente, para o mesmo tipo de montagem e condição de teste. Observamos que embora não existam diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação às acelerações medidas no eixo z (paralelo ao eixo de rotação do disco), para os eixos x e y houve diferenças significativas. Segundo relatório da HSE (STAYNER, 1997), a dinâmica presente nesses tipos de ferramentas conduzem a variações significativas da vibração “*ao longo e em torno*” dos punhos. Essas variações não são consistentes entre as ferramentas, nem mesmo para diferentes punhos acoplados a uma mesma ferramenta.

Um outro problema citado no relatório da HSE (parágrafo anterior), é o efeito da rotação do punho em torno de um eixo próximo ou paralelo a sua linha central. A vibração rotacional pode, em determinadas situações, interferir na componente translacional conduzindo a medições errôneas. O centro de rotação pode estar acima ou abaixo do punho dependendo do modelo e tipo de ferramenta. A fim de minimizar esses efeitos, recomenda-se que a medição seja efetuada tão próxima quanto possível da superfície do punho, ou, para eliminar a componente rotacional deve-se medir na direção radial do punho. Se a distância de montagem do acelerômetro for além da altura das articulações dos dedos quando estes estiverem apoiados sob o punho, é possível a obtenção de resultados incorretos.

Nas situações de números 4 e 6 não foram identificadas diferenças significativas entre os resultados medidos nos três eixos tanto para uma montagem direta do adaptador sob o punho quanto para o adaptador fixado à mão do operador com três camadas de fita adesiva. Para as situações 8 e 9 houve um incremento do desbalanceamento do disco, ficando as diferenças entre essas duas situações a cargo do número de camadas (1 e 4 respectivamente) utilizadas na fixação do adaptador à mão do operador. Neste último caso a diferença ocorreu apenas em relação ao eixo x.

Nas situações de números 5 e 7 buscou-se observar as diferenças para dois tipos de montagem: a primeira com adaptador sustentado na posição inferior por meio de fita adesiva e pela mão do operador, na segunda a montagem foi rígida com cubo de alumínio e abraçadeira. A comparação entre os resultados fornece indicativos de que a montagem com adaptador produziu resultados satisfatórios apesar das diferenças

observadas para o eixo y ($p \leq 0,05$). Essas diferenças entre os tipos de montagem são esperadas devido à influência da variação da velocidade de rotação, da distância do acelerômetro ao punho e da possibilidade da presença de vibração rotacional. É interessante observar que de todas as montagens realizadas, a menor distância do acelerômetro ao punho é conseguida com a utilização do adaptador de palma.

Para as situações de números 10 e 11 as medições foram realizadas diretamente no cabeçote da ferramenta e as diferenças foram significativas em todos os eixos. Entre as razões que justificam essas diferenças, identificou-se a dificuldade de posicionamento da mão junto ao cabeçote e a manutenção da postura durante os ensaios, já que os mesmos foram realizados com a ferramenta suspensa. Essas dificuldades são minimizadas quando há o apoio da ferramenta junto à peça trabalhada, numa condição normal de exposição do operador, conforme observou-se no registro nº 3 da Tabela 14. A medição neste caso, foi realizada diretamente na região de pega do operador com o apoio direto no cabeçote da ferramenta e sem o uso do punho auxiliar.

Na Tabela 26 são apresentados os resultados relativos às medições simultâneas com montagens sobrepostas e diferenciadas de dois acelerômetros triaxiais de modo a observar a influência da força de preensão aplicada na sustentação da ferramenta e em seguida, verificar a influência da quantidade de camadas de fita adesiva utilizada na fixação do adaptador à palma do operador, considerando-se as posturas e condições adotadas nesses ensaios.

Tabela 26: Acelerações obtidas em medições simultâneas com montagens sobrepostas em situações diferenciadas

Nº	Medidor HVM 100*				Aceleração Média [m/s ²]	Medidor Maestro				Aceleração Média [m/s ²]	Situação considerada (Descrição / Observações)
	a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}		
1	0,59	0,39	0,77	1,05	$a_x = 0,54 \pm 0,03$ $a_y = 0,43 \pm 0,03$ $a_z = 0,77 \pm 0,01$ $a_{xyz} = 1,04 \pm 0,02$	0,62	0,74	0,89	1,31	$a_x = 0,59 \pm 0,02$ $a_y = 0,72 \pm 0,01$ $a_z = 0,87 \pm 0,02$ $a_{xyz} = 1,28 \pm 0,03$	Montagem sobreposta no centro do punho auxiliar conforme figura 18, com o operador segurando a ferramenta próximo ao corpo em posição fixa, empreendendo uma força de preensão o mais leve possível . O disco montado na ferramenta operou em vazio em velocidade média (rotação média = 3398 rpm)
	0,54	0,45	0,75	1,05		0,59	0,73	0,89	1,30		
	0,55	0,42	0,76	1,02		0,58	0,72	0,86	1,26		
	0,52	0,43	0,77	1,02		0,58	0,71	0,86	1,26		
	0,52	0,47	0,79	1,05		0,58	0,71	0,85	1,25		
2	0,48	0,51	0,69	0,98	$a_x = 0,52 \pm 0,03$ $a_y = 0,49 \pm 0,03$ $a_z = 0,72 \pm 0,04$ $a_{xyz} = 1,01 \pm 0,03$	0,57	0,70	0,78	1,20	$a_x = 0,59 \pm 0,04$ $a_y = 0,71 \pm 0,02$ $a_z = 0,80 \pm 0,07$ $a_{xyz} = 1,23 \pm 0,07$	Idem anterior porém o operador foi orientado a empreender uma força de preensão intensa .
	0,55	0,44	0,69	0,98		0,61	0,73	0,83	1,27		
	0,54	0,50	0,71	1,02		0,57	0,70	0,78	1,20		
	0,55	0,48	0,78	1,06		0,65	0,72	0,90	1,33		
	0,49	0,50	0,76	1,03		0,55	0,68	0,72	1,14		
3	1,10	0,75	2,48	2,81	$a_x = 1,02 \pm 0,24$ $a_y = 0,69 \pm 0,04$ $a_z = 2,97 \pm 0,32$ $a_{xyz} = 3,22 \pm 0,27$	1,69	2,47	2,63	3,99	$a_x = 1,94 \pm 0,17$ $a_y = 2,53 \pm 0,06$ $a_z = 2,97 \pm 0,22$ $a_{xyz} = 4,36 \pm 0,25$	Montagem sobreposta no centro do punho auxiliar com adaptador apoiado no PA sem fita adesiva . O operador segurou a lixadeira próxima ao corpo em posição fixa, empreendendo uma força de preensão normal . O disco montado na ferramenta operou em vazio na velocidade máxima (rotação média = 5998 rpm). Foi acrescida pequena massa ao disco para incremento no desbalanceamento e na vibração gerada
	0,82	0,67	2,94	3,12		1,95	2,49	2,95	4,33		
	0,85	0,72	3,16	3,35		2,00	2,50	3,01	4,40		
	1,40	0,66	2,91	3,28		1,92	2,58	3,05	4,43		
	0,92	0,65	3,34	3,52		2,16	2,59	3,23	4,67		

Continuação da Tabela 26...

Nº	Medidor HVM 100*				Aceleração Média [m/s ²]	Medidor Maestro				Aceleração Média [m/s ²]	Situação considerada (Descrição / Observações)
	a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}		a _{mx}	a _{my}	a _{mz}	a _{mr}		
4	1,27	0,69	3,34	3,63	$a_x = 1,24 \pm 0,11$ $a_y = 0,68 \pm 0,04$ $a_z = 3,35 \pm 0,09$ $a_{xyz} = 3,63 \pm 0,06$	1,93	2,11	3,51	4,53	$a_x = 1,84 \pm 0,13$ $a_y = 2,05 \pm 0,06$ $a_z = 3,51 \pm 0,07$ $a_{xyz} = 4,46 \pm 0,09$	Idem situação anterior, porém com adaptador fixado na mão do operador com duas camadas sobreposta de fita adesiva . (Rotação média = 5862 rpm).
	1,37	0,66	3,35	3,67		1,89	2,11	3,55	4,54		
	1,14	0,63	3,39	3,62		1,97	2,00	3,50	4,49		
	1,33	0,72	3,22	3,55		1,70	2,04	3,40	4,31		
	1,11	0,71	3,47	3,70		1,70	1,98	3,58	4,43		
5	1,29	0,58	3,36	3,64	$a_x = 1,28 \pm 0,10$ $a_y = 0,59 \pm 0,02$ $a_z = 3,48 \pm 0,29$ $a_{xyz} = 3,75 \pm 0,23$	1,74	2,04	3,51	4,42	$a_x = 1,78 \pm 0,04$ $a_y = 2,05 \pm 0,01$ $a_z = 3,61 \pm 0,29$ $a_{xyz} = 4,52 \pm 0,22$	Idem registro anterior, porém foram utilizadas quatro camadas sobrepostas de fita adesiva para fixação do adaptador na mão do operador. As quatro camadas foram consideradas mais que suficientes para sustentação do adaptador. (Rotação média = 5843 rpm).
	1,44	0,58	3,07	3,43		1,81	2,05	3,20	4,22		
	1,29	0,58	3,47	3,74		1,80	2,07	3,58	4,51		
	1,19	0,60	3,76	3,98		1,83	2,05	3,91	4,78		
	1,21	0,62	3,75	3,97		1,74	2,04	3,85	4,69		

* Dados correspondentes a montagem junto à mão do operador.

A partir das comparações entre as diversas acelerações apresentadas na tabela 26, por meio da análise de variância (ANOVA), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 27.

Tabela 27: Resultados da análise de variância (ANOVA) com 2 fatores

Situação avaliada (FATOR 1)	Controlando o medidor (FATOR 2)	Acel. ⁽¹⁾ Diferente (s)	Acel. ⁽²⁾ Igual (s)	Diferenças percentuais entre as acelerações médias para os eixos cujas acelerações foram consideradas desiguais para um $\alpha=0,05$.
1 e 2	HVM100	Y	X, Z, R	Dif. Y=13%
1 e 2	MAESTRO		X, Y, Z, R	---
1	HVM100 + MAESTRO	Y, Z, R	X,	Dif. Y=67% Dif. Z=13% Dif. R=23%
2	HVM100 + MAESTRO	Y, R	X, Z	Dif. Y=45% Dif. R=22%
3, 4	HVM100	R	X, Y, Z	Dif. R=13%
3, 4	MAESTRO	Y, Z	X, R	Dif. Y=23% Dif. Z=18%
4, 5	HVM100	Y,	X, Z, R	Dif. Y=15%
4, 5	MAESTRO		X, Y, Z, R	---

(1) Eixos cujas acelerações apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,05$) por meio do teste de Scheffe.

(2) Eixos cujas acelerações não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$).

Durante os ensaios realizados em laboratório, procurou-se manter as posturas e forças de prensão constantes, no entanto, pequenas variações podem ocorrer e interferir nos resultados. Nas situações 1 e 2 da Tabela 26, foi observada a influência da força de prensão aplicada junto ao punho auxiliar em duas condições distintas (prensão leve e intensa). Nestes dois casos, não foram observadas diferenças significativas dentro das condições e procedimentos adotados nos ensaios para os dois tipos de medidores e montagens utilizadas. Da mesma forma não foram observadas influências significativas nos resultados pela aplicação de duas ou quatro camadas de fita adesiva para fixação do adaptador junto às mãos do operador, conforme observado nas situações 4 e 5 para os dois medidores, apesar das diferenças observadas no eixo Y relativas ao medidor HVM100.

Segundo STAYNER (1997), mudanças sensíveis na magnitude da vibração podem ocorrer quando há alterações na velocidade de rotação das lixadeiras, implicando problemas quando da execução de testes normalizados. Em situações mais críticas, observou-se alterações de 15% na vibração medida quando a velocidade de rotação foi reduzida em 5%. Essa variação de rotação é permitida pela norma de ensaio para esse tipo de ferramenta a ISO 8662-4. O pesquisador citado recomenda que a velocidade de rotação seja mantida dentro de uma tolerância de 2% e propõe a redução da tolerância permitida pela norma.

Durante a realização dos ensaios a velocidade de rotação medida apresentou uma variação inferior a 5%, conforme preconizado pela norma de ensaio, no entanto, esta variação também pode ter contribuído para as diferenças encontradas nas acelerações em alguns eixos, com base nos estudos citados no parágrafo anterior.

Nas situações 3 e 4 para o medidor HVM100 não foram observadas diferenças significativas nas acelerações para os dois tipos de montagem utilizados, ou seja, com apoio do adaptador diretamente sobre o punho e fixado na mão do operador com duas camadas de fita adesiva. No entanto, a inclusão do adaptador no punho interferiu nas acelerações obtidas pelo medidor MAESTRO.

Na comparação entre os medidores (HVM100 e MAESTRO) dentro das situações 1 e 2, verifica-se que em algumas direções foram observadas diferenças entre as acelerações no nível de significância de 0,05, ou seja, os diferentes tipos de montagem interferiram nas acelerações medidas dentro de uma mesma condição. As acelerações obtidas com o medidor HVM100 foram inferiores àquelas medidas com o MAESTRO. Entre as justificativas para essas diferenças, podem ser citadas as variações na distância do acelerômetro ao punho. Uma maior proximidade do transdutor à superfície vibrante reduz a influência de componentes rotacionais presentes no processo. Neste caso a montagem utilizada com medidor HVM100 fornece uma maior representatividade da exposição do operador.

7.5 Quanto às ações preventivas existentes nas empresas relacionadas à VMB

Os Programas de Prevenção de Riscos Ambientais solicitados às empresas que participaram do processo de avaliação foram analisados com relação a possíveis abordagens em relação à exposição à vibração. De um total de vinte e cinco empresas, dezessete forneceram os programas.

Ressalta-se que nenhum dos Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRAs) fornecidos faziam menção ao agente ora estudado. Em nenhuma das empresas foi encontrado qualquer tipo de abordagem relacionada à exposição dos trabalhadores à VMB. Por outro lado, esses programas quando existentes constituem de modo geral, a única ferramenta ou recurso voltado à prevenção e controle dos riscos ambientais presentes nessas empresas.

Os principais estudos e pesquisas realizados em âmbito nacional que tratam dos riscos ambientais nas marmorarias dão ênfase à exposição a poeira e ao ruído, pela importância desses agentes nesses ambientes de trabalho. No entanto, não foram identificadas ações voltadas à avaliação ou controle da vibração em mãos e braços nesse tipo de atividade.

8 CONCLUSÕES

8.1 Quanto ao procedimento alternativo de medição

Nos ensaios em laboratório, as montagens realizadas com o uso do adaptador de palma e com a fixação do acelerômetro de forma rígida, dentro de uma mesma condição de teste e posicionamento junto ao punho auxiliar da ferramenta, não produziram acelerações diferentes para a maioria dos eixos, ao nível de significância de 0,05. A montagem do adaptador de palma propiciou resultados satisfatórios, permitindo também maior aproximação do acelerômetro à superfície vibrante (punho ou corpo das ferramentas).

A abordagem proposta neste trabalho traz contribuições à norma ISO, quanto a indicação de mudanças na norma que permitam a inserção e detalhamento de outras possibilidades de montagem dos transdutores, principalmente junto às mãos dos operadores. A utilização do procedimento alternativo possibilitou a medição da vibração em situações em que a montagem direta do acelerômetro junto a superfície vibrante era difícil ou inviável devido ao local onde o operador apoiava a mão.

O tipo de montagem utilizada e a localização do acelerômetro influenciam nos resultados obtidos. O uso do adaptador de palma junto às mãos dos acabadores mostrou-se viável na obtenção de um sinal de vibração representativo da exposição, já que permite acompanhar as mudanças de posicionamento da mão do operador ao longo dos punhos e junto ao corpo da ferramenta, facilitando o processo de medição nesses casos.

A norma de referência, a ISO 5349: 2001 aponta algumas vantagens do adaptador de palma como a resposta em frequência e a sua pequena influência durante a operação da ferramenta, além da possibilidade de aplicação nos casos em que uma montagem fixa não é viável devido a presença de material resiliente nos punhos. Cita, ainda, que os transdutores devem ser montados o mais próximo possível à superfície do punho da ferramenta, a fim de minimizar a amplificação de componentes da vibração rotacional. A montagem proposta, utilizada nas avaliações em campo permite uma considerável redução dessa

influência, pela aproximação do transdutor à superfície vibrante. No capítulo seguinte (item 9.1), são propostas modificações no adaptador utilizado, de modo a reduzir a fragilidade da montagem e minimizar a possibilidade de ruptura nos cabos e conexões.

A aplicação das montagens citadas ao longo deste trabalho para outros tipos de ferramentas e operações deve ser analisada com cuidado, particularmente quando há a utilização de ferramentas de percussão. Nesse caso existe a possibilidade de ocorrência de distorções no sinal medido. Considerações a esse respeito foram inclusas no Anexo B.

A influência relativa à quantidade de camadas de fita adesiva (de uma a quatro) utilizada durante os ensaios realizados em laboratório não foi considerada importante ao nível de significância de 0,05. A espessura total das fitas aplicadas e suas características não são suficientes para promover uma atenuação do sinal. Esse comportamento era esperado, em razão do espectro de frequência característico das lixadeiras. Por outro lado, a aplicação de uma maior quantidade de camadas, poderia causar maior incômodo ao operador e interferir nas posturas junto ao punho, nas forças de preensão aplicadas e na flexibilidade requerida durante as operações. De modo geral houve uma boa tolerância e aceitação por parte dos operadores em relação a esses aspectos.

A aplicação de uma ou mais camadas de fita adesiva para fixação do adaptador à palma da mão fica a critério do avaliador considerando-se entre outros os seguintes aspectos: a proteção necessária ao adaptador, aos cabos e respectivas conexões, o tipo de operação, as posturas e movimentações exercidas pelo operador, o peso e a quantidade das peças trabalhadas, os atritos e desgastes sofridos.

8.2 Quanto à exposição dos acabadores e a substituição do processo a seco pelo processo a úmido.

Considerando-se a exposição dos acabadores no processo a seco, verifica-se que esta ocorre de modo predominante acima do nível de ação em vigência para os países membros da Comunidade Européia, correspondente a uma aceleração $\mathbf{A(8)} = 2,5 \text{ m/s}^2$.

Segundo o guia de boas práticas para vibrações em mãos e braços da União Europeia (ISVR, 2006), produzido por importantes instituições voltadas à saúde ocupacional, existe algum risco de dano às mãos e braços mesmo quando as exposições estão abaixo do nível de ação, implicando responsabilidades aos empregadores quanto à implementação de medidas que garantam a eliminação ou mitigação dos riscos.

As esmerilhadeiras angulares (BOSCH) de uso mais freqüente nas marmorarias, possuem características similares às aquelas identificadas no banco de dados do NIWF (Tabela 12), cujos dados de ensaio conduziram a valores de aceleração iguais a 5 m/s^2 e $5,5 \text{ m/s}^2$. Neste caso, segundo a norma CEN/TR 15350: 2005 (ISVR, 2006) é necessário a aplicação de correções nos dados de ensaio das ferramentas. Desse modo, os valores a serem utilizados nas estimativas da exposição estariam dentro da faixa de $7,5$ a 11 m/s^2 , portanto, superiores às acelerações observadas nas avaliações em campo.

O sistema de codificação de ferramentas vibratórias apresentado no anexo C (HAE, 2004) indica que as esmerilhadeiras angulares da marca BOSCH, utilizadas nas marmorarias avaliadas, são rotuladas dentro da categoria de risco médio (cor laranja), correspondendo a um tempo máximo de uso diário de 2 horas.

Os resultados obtidos nas medições de campo, as considerações e análises contidas nos parágrafos anteriores, reforçam a necessidade de atenção com relação à exposição dos trabalhadores à vibração em mãos e braços, nas atividades de acabamento nas marmorarias. Portanto é recomendável a adoção de medidas preventivas e de vigilância à saúde, que incluam orientações aos trabalhadores sobre os efeitos da exposição e os procedimentos para minorá-la.

A substituição do processo a seco pelo processo a úmido traz vantagens em relação à exposição dos operadores pela redução do sinal de vibração transmitido às mãos. Somam-se a essas vantagens a redução da poeira gerada no processo e o peso inferior das ferramentas pneumáticas à água, implicando menores forças de prensão na sustentação e condução das ferramentas. Contudo, outras medidas devem ser buscadas para melhoria das condições ergonômicas, como por exemplo, a confecção de bancadas de trabalho mais flexíveis que permitam ajuste de altura, a elaboração de dispositivos para fixação e

movimentação das peças trabalhadas possibilitando aos operadores posicionamentos e posturas que exijam menor esforço físico durante o desenvolvimento das atividades.

Apesar das vantagens da substituição do processo a seco pelo processo a úmido, pela redução da vibração gerada, ainda assim, os resultados indicaram predominância da exposição dos acabadores acima do nível de ação. Em razão desse aspecto é importante a atenção das empresas, trabalhadores e respectivos representantes em relação ao agente. Recomenda-se a aplicação das mesmas medidas e cuidados sugeridos para o processo a seco.

As ferramentas pneumáticas encontradas com maior frequência no acabamento a úmido nas empresas avaliadas (modelos GPW 7 e GPW 215 da marca GISON), apresentavam no catálogo do fabricante um nível de vibração inferior a $2,5 \text{ m/s}^2$, porém, não havia especificação do fabricante acerca da norma ou procedimento utilizado nos ensaios dessas ferramentas. Nas avaliações de campo, em condições normais de trabalho, as acelerações encontradas estão, em geral, acima desse valor. Acelerações próximas a $2,5 \text{ m/s}^2$ foram medidas quando da utilização de discos cerâmicos novos (homogêneos, balanceados), bem centralizados no prato das ferramentas durante operações de polimento e lustro em superfícies planas em chapas de granito.

8.3 Quanto aos aspectos de prevenção e controle do risco

A ausência de quaisquer abordagens em relação à exposição dos trabalhadores à vibração em mãos e braços, conforme verificado junto às empresas avaliadas e seus respectivos PPRAs, indica a necessidade de intervenção por parte dos diversos atores que atuam no âmbito dessas empresas de forma a dar visibilidade ao agente e promover à sua prevenção e controle. Do ponto de vista legal, o agente deveria ser abordado nos PPRAs. A sua ausência resulta em falha grave no processo de reconhecimento do risco.

Os trabalhadores, seus representantes e empregadores devem ficar atentos aos riscos relacionados ao agente, suas implicações e possíveis efeitos, de modo que possam

contribuir com medidas preventivas e de controle que incluam ações de capacitação e orientação aos acabadores.

Os agentes de fiscalização e as empresas, devem exigir a inclusão da vibração nos PPRA's e o aprimoramento da qualidade desses programas, de forma a torná-los instrumentos úteis na melhoria contínua dos ambientes e condições de trabalho.

9 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

9.1 Proposta de modificações para o adaptador de palma

A proteção oferecida pelas camadas de fita adesiva utilizadas na fixação do adaptador à mão do operador e na conexão do acelerômetro pode ser insuficiente. A intensa movimentação dos operadores durante as operações, as posturas e forças aplicadas com a manipulação de peças muitas vezes pesadas, podem pelo contato e atrito, provocar o rompimento interno dos cabos e danos nas conexões do acelerômetro devido à sua fragilidade. São sugeridas modificações no adaptador e seu formato (Figura 31), de modo a permitir diferentes posicionamentos do acelerômetro no adaptador, para oferecer maior proteção aos cabos e conexões.

Outra alternativa a ser estudada é a composição de diferentes materiais na confecção do adaptador, de modo a se obter uma maior dureza na borda externa deste, reduzindo seu desgaste quando do contato com as ferramentas ou demais peças trabalhadas. Os materiais como o alumínio ou resina rígida, normalmente utilizados neste tipo de adaptador, sofrem maior desgaste devido ao atrito com materiais de maior dureza ou abrasividade, conforme observado durante os trabalhos de campo. Também é importante que na fixação do acelerômetro ao adaptador seja confeccionada uma canaleta com rebaixo. Essa canaleta deve permitir a passagem do cabo do acelerômetro e a introdução de material elástico (borracha ou silicone) para vedação e proteção do dispositivo contra poeira e água.



Adaptador original

Adaptador com modificações

Figura 31: Proposição de modificações no adaptador de palma

9.2 Confeção de dispositivo para contagem cumulativa do tempo de operação

Entre os parâmetros importantes no controle da exposição dos trabalhadores ao agente está a determinação e o monitoramento do tempo total diário de contato com as ferramentas vibratórias. No caso das marmorarias, a estimativa do tempo de contato dos acabadores com a vibração durante o dia e ao longo dos dias, requer maior refinamento; permitindo dessa forma uma estimativa mais aprimorada da exposição e o seu controle. Esse tempo de contato pode apresentar variações consideráveis relacionadas ao fluxo de encomendas das empresas, de suas características e procedimentos de trabalho.

Para esse refinamento propõe-se o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico a ser aplicado junto à tomada de alimentação de energia das ferramentas nas bancadas de trabalho. Tal dispositivo deve indicar de modo cumulativo o tempo de funcionamento da ferramenta, ou seja, enquanto a ferramenta estiver operando, o tempo é contabilizado. Sugere-se que o operador possa visualizar o dispositivo, tornando-se dessa forma um instrumento útil no controle da exposição diária. Nas ferramentas pneumáticas o dispositivo seria acionado por sensor que atua com a passagem do ar, no duto de alimentação.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Balanço das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2005**. Informe nº004/2006. 14p. Disponível em:
<http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/1300/Informe%20004_2006%2031_01_06.pdf> Acesso em: 04 ago. 2006a.

_____. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais no primeiro semestre de 2006**. Informe nº23/2006. 7p. Disponível em:
<http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/2314/Exporta_Junho.pdf> Acesso em: 04 ago. 2006b.

ABREU, A.F. **Recursos Minerais do Brasil**, 2ª Edição, São Paulo, SP, 1978, vol.1, Editora Edgerd Bücher Ltda.

ABNT, INMETRO. **Guia para a Expressão da Incerteza de Medição**, 3.ed., Rio de Janeiro, 2003, 131p.

ACGIH - AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – **Documentation of the threshold limit values TLVs® and biological exposure indices BEIs**. Hand-arm vibration, Cincinnati, 2001, 7p.

ACGIH - CONFERÊNCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIAIS GOVERNAMENTAIS – **Limites de Exposição para Substâncias Químicas, Agentes Físicos e Índices Biológicos** -Tradução pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais ABHO, São Paulo, 2005, 226p.

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.

BON, A. M. T. **Exposição Ocupacional à Sílica e Silicose entre Trabalhadores de Marmorarias, no Município de São Paulo**. Tese (Doutorado). Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo, São Paulo /SP, 2006, 299p.

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.

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.

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.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Instituto Nacional de Seguridade Social - SISLEX - Legislação Previdenciária – **Decreto N° 3.048 - de 6 de maio de 1999a** - (DOU 86 DE 07/05/99-SÇ-I-PG. 50/108) -Republicado 12/05/99. Disponível em: <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/23/1999/3048_1.htm> Acesso em: 04 mar. 2004.

_____. Ministério da Previdência Social. Instituto Nacional de Seguridade Social. **Instrução Normativa INSS/DC N° 118** de 14 abril de 2005 (DOU DE 18/4//2005). Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/INSS-DC/2005/118.htm>>. Acesso em: 19 mai. 2006.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **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., 1996a, 523p.

_____. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança do Trabalho. Portaria N°. 25 de 29/12/1994. **Norma Regulamentadora N°. 9: Programas de Prevenção de Riscos Ambientais**. Diário Oficial da União, Brasília, 30 dez 1994, republicada em 15 fev 1995.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **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., 1996b, 523p.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação, Segurança e Saúde no Trabalho - **Norma Regulamentadora NR-22**, Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Portaria N° 2.037, de 15 de Dezembro de 1999b. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/conteudo/nr22/>>. Acesso em: 28 fev. 2002

_____. Presidência da República. Casa Civil - **DECRETO N° 93413 de 15 de outubro de 1986**. Publicado no DOU de 15/10/86. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D93413.htm> Acesso em: 10 mar. 2006

_____. Superior Tribunal de Justiça. Processo Civil - **Responsabilidade Civil - Indenização - Trabalho – Acidente**, RESP 407952. Recorrente Marbrasa Mármore do Brasil S/A. Recorrido Dinário Faustino Parreira. Relator Min. Barros Monteiro, Espírito Santo, Autuação 13/02/2002. Disponível em: <http://www.stj.gov.br/webstj/noticias/detalhes_noticias.asp?seq_noticia=13474>. Acesso em: 24 mar. 2005.

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.

CARNICELLI, M. V. F. **Exposição ocupacional à vibração transmitida através das mãos: uma revisão sobre o distúrbio vascular periférico** – In: FUNDACENTRO – Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, n. 82, v. 22, 1994, p. 35-45.

CHIODI, F. C. Desempenho e competitividade do setor de rochas do Brasil. In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 4 Fortaleza. **Anais**, 2003, p.245-252.

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE, Proposition E. C. Directive. **Vibrations transmises aux mains**. Journal Officiel des Communautés Européennes, 1993, mars 18, C77, p 20-

COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES - **89/392/EEC Council Directive of 14 June 1989** on the approximation of the laws of the Member States relating to machinery 89/392/EEC as amended by Directive 91/368/EEC of 20 June and Directive 93/44/EEC of 14 June 1993. Official Journal of the European Communities N° L 183/9-32 of 29.6.89, N°L 198/16-32 of 22.7.91, and N° L175/12-20 of 19.7.93.

CUNHA, I. A. **Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua utilização na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas/SP, 2000, 176p.

CUNHA, I. A., **Exposição Ocupacional às Vibrações Mecânicas: Considerações sobre os Principais Critérios Legais e Técnicos**. In: Revista ABHO de Higiene Ocupacional ano III- N° 8 – março 2004 – Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, 24p., p9-12.

DONG, R. G. et al. Vibration energy absorption (VEA) in human fingers-hand-arm system. **Medical Engineering Physics**, Elsevier LTd, n.26, p.483-92, fev. 2004a.

DONG, R. G. et Al. An Investigation of the Relationship between Vibration-Induced White Finger and Power Absortion. In: International Conference on Hand-Arm Vibration, 10., Las Vegas, June, 2004, **Conference Program**. Nevada, 2004b, p.80-82.

EUROPEAN COMMISSION, 2002. **Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)**. Official Journal of the European Communities , L177/13.

FOMRCP - 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.

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.

FEUTRY, D.; LEMERLE, P. ; CLAUDON, L. Design of a New Instrumented Glove for the Measurement of the Contact Pressure Distribution at the Hand/Handle Interface. In:

International Conference on Hand-Arm Vibration, 10., Las Vegas, June, 2004, **Conference Program**. Nevada, 2004, p.85-88.

GASPARETO, M.; MOSCHIONI, G.; SAGGIN, B.; TARABINI, M. Modelling and Verification of influencing factors in hand arm vibration measurements. In: International Conference on Hand-Arm Vibration, 10., Las Vegas, June, 2004, **Conference Program**. Nevada, 2004, p.55-56.

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.

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.

GILLMEISTER, F.; SCHENK, Th. Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, Forschungsergebnisse für die Praxis, Nr. 130 **Schwingungsmessung – Personengebundene Messung am Arbeitsplatz** Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2002, 16p.

GREENSLADE, E.; LARSSON, T. J. Reducing vibration exposure from hand-held grinding, sanding and polishing powertools by improvement in equipment and industrial processes. Netherlands, **Safety Science** Vol. 25, No 1-3, p 143-152, 1997

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.

____. **Handbook of human vibration**. Londres : Academic Press, 1996, 988p.

____. **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.

HAE - HIRE ASSOCIATION EUROPE. **ISSUE N°.12 - 1.8.2005**

Disponível em:

<<http://www.shef.ac.uk/safety/guidance/vibration.pdf>> Acesso em 12 dez. 2005

HAE - HIRE ASSOCIATION EUROPE. **Hand arm Vibration – Your Duties to your Customers**. December Safety Standard. Hire Standard, 2004. Disponível em:

<[http://www.hae.org.uk/members/pdfs/HS-Dec-](http://www.hae.org.uk/members/pdfs/HS-Dec-04/HS%20Dec%2004%20Safety%20Standard%20p20-21.pdf)

[04/HS%20Dec%2004%20Safety%20Standard%20p20-21.pdf](http://www.hae.org.uk/members/pdfs/HS-Dec-04/HS%20Dec%2004%20Safety%20Standard%20p20-21.pdf)> Acesso em 10 mai. 2006.

HARGER, M. R. H. C.; BRANCO, A. B. **Efeitos Auditivos de correntes da Exposição Ocupacional ao Ruído em Trabalhadores de Marmorarias no Distrito Federal**. Revista da Associação Médica Brasileira 2004; 50(4): 396-9p.

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

HSE - HEALTH & SAFETY EXECUTIVE - **Consultation On New Vibration Regulations** - HSC press release C064:03 - 17 November 2003 <<http://www.hse.gov.uk/press/2003/c03064.htm>> Acesso em (23/12/03)

HSC - HEALTH & SAFETY COMMISSION - HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE)- **CONSULTATIVE DOCUMENT – Proposals for new Control of Vibration at Work Regulations implementing the Physical Agents (Vibration) Directive (20902/44/EC)** – Hand-Arm Vibration, 2004, 212p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/consult/condocs/cd190.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2004

HESTON, F.M. **Equipando uma Pequena Marmoraria: O Básico**. Revista Rochas de Qualidade, São Paulo, ed.155, p.154-161, 2000.

ILO –International Labour Organization – **Convenção nº148. Contaminação do Ar, Ruído e Vibrações**. Genebra, 1977. Disponível em: <<http://www.ilo.org/public/portugue/region/ampro/brasil/brasilia/info/download/convencao148.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2005

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 2631/1** – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. Geneva, 1985, 17p.

_____. Geneva. **ISO 2631-1** – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. Geneva, 1997, 31p.

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

_____. Geneva. **ISO 5349-1** – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements. Geneva, 2001a, 24p.

_____. Geneva. **ISO 5349-2** – Mechanical vibration -. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement at work place. Geneva, 2001b, 39p.

_____. Geneva. **ISO 8041** - Human response to vibration – Measuring instrumentation. Geneva, 1990, 24p.

_____. Geneva. **ISO 8041:1990/Amd.1:1999(E)** - Human response to vibration – Measuring instrumentation – Amendment 1. Geneva, 1999, 23p.

_____. Geneva. **ISO 8662-1** - Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 1: General. Geneva, 1988. 4p.

_____. Geneva. **ISO 8662-4** - Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle – Part 4: Grinders. Geneva, 1994. 11p.

_____. Geneva. **ISO 8662-8** - Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle – Part 8: Polisher and rotary, orbital and random orbital sanders. Geneva, 1997. 9p.

_____. ISO Catalogue, Environment, Health protection, Safety. (13.160) **Vibration and shock with respect to human beings**. Disponível em:

<<http://www.iso.ch/iso/en/CatalogueListPage.CatalogueList?ICS1=13&ICS2=160>>

Acesso em: 03 de abr. 2004

ISVR - INSTITUTE OF SOUND AND VIBRATION RESEARCH, UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON et al. **Guide to good practice on Hand-Arm Vibration**, abr. 2006, 61p. Disponível em:

<http://www.humanvibration.com/EU/HAV%20Good%20practice%20Guide%20V7.6b_English.pdf> Acesso em 27 de mai. 2006

LAS - LANDESAMT FÜR ARBEITSSCHUTZ; KARLA - **Catalogue of Representative Noise and Vibration Data at Workplaces**. Disponível em:

<http://www.las-bb.de/karla/index_.htm> Acesso em: 2 de mai. 2006

LEIDEL, N.A.; BUSH, K.A.; LYNCH, J.R.; **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health, 1977. 132p.

MANSFIELD J. N., **The European Physical Agents (Vibration) Directive: Can the demolition and Quarryng Industries Comply?**. In: Eleventh Japan Group Meeting on Human Response to Vibration 2003, Asahikawa, Japan, July, 2003, 9p.

MELLO, I.S.C. Panorama Setorial das rochas ornamentais do Estado de São Paulo. **Revista Rochas de Qualidade**. Setembro/Outubro de 2000, edição 154.

MELLO, I.S.C., et al. (Coord.). **A Cadeia Produtiva Paulista de Rochas Ornamentais e para Revestimento: Diretrizes e Ações para Inovação e Competividade**. IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004, 191p.

MPSP - MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Setor de Meio Ambiente e Prevenção de Acidentes. Promotoria de Justiça de Acidentes do Trabalho. **Projeto Marmoristas: Relatório Preliminar sobre o Cadastro de Trabalhadores**. In: Oficina de Trabalho sobre o Programa Nacional de Eliminação da Silicose, Brasília, 2001.

MIRBOD, S. M.; INABA, R.; IWATA, H. **A Study on Vibration-Dose for Japanese Workers Exposed to Hand-Arm Vibration**. Industrial Health, 1992, 30, p.1-2.

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.13-2.

MOREIRA, C. W., et al. (Coord.). **Projeto Especial Marmorarias do Programa de Vigilância à Saúde dos Trabalhadores em Belo Horizonte**. Belo Horizonte, Secretaria Municipal de Saúde, Relatório final, 2003. 49p.

MULHAUSEN, J.R.; DAMIANO, J. A **Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures**. 2ed. Fairfax: American Industrial Hygiene Association. 1998. 349p.

NIWL - NATIONAL INSTITUTE FOR WORKING LIFE - **Technical risk Factors – Database for Whole-Body Vibration and Hand-Arm Vibration**. Disponível em: <<http://umetech.niwl.se/Vibration/>>. Acesso em: 13 jun. 2005.

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

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.

PITTS, P. M. Uncertainty Human Vibration Measurement: Instrumentation and Measurement Issues. In: International Conference on Hand-Arm Vibration, 10., Las Vegas, June, 2004, **Conference Program**. Nevada, 2004. p.59-60.

PONTES, J. A. P., **Vibra2002 - Avaliação e controle da exposição às vibrações, guia do utilizador**, ANEOP, Lisboa, 2002, 58p.

RAIS - Relação Anual de Informações Sociais. Área geográfica: Brasil. **Estatísticas de 1997 a 1999**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/Temas/RAIS/Estatisticas/Anuario97_99/estrutu/estab/tab1_1.pdf> Acesso em: 26 fev.2002.

SANTOS, A. M. A., **Exposição Ocupacional a Poeiras em Marmorarias: Tamanhos de Partículas Característicos**. 2005. 192p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais. Março 2005. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/CTN/pub_eletronicas_teses.asp?D=CTN>. Acesso em: 05 jul. 2005.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Série Perfil de Projetos MARMORARIA** – Vitória, nov. 1999, 28p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/206CFBEF06C6F5F903256DF0006DEFB6/\\$File/NT0003C4F6.PDF](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/206CFBEF06C6F5F903256DF0006DEFB6/$File/NT0003C4F6.PDF)>. Acesso em: 23 set. 2004.

SES-SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE, Coordenação dos Institutos de Pesquisa, Centro de Vigilância Sanitária, Divisão de Vigilância Sanitária do Trabalho, São Paulo – **Projeto Marmorarias, Relatório Preliminar sobre o Cadastro de Trabalhadores**, nov. 2001, 10p.

SINDIROCHAS. **Mármore e Granitos - orientações gerais sobre sua utilização**. Disponível em:<<http://www.sindirochas.com.br/marmore.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2002a.

SINDIROCHAS. **Informativo – Censo - Diagnóstico e atualização do cadastro do setor de mármore e granitos do Estado do Espírito Santo.** Disponível em: <<http://www.sindirochas.com.br/censo.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2002b.

TAVARES, J. C. F. - **Avaliação das Condições de Trabalho e do Impacto ambiental nas Marmorarias de João Pessoa/Pb**, 2000. 106p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Pb. 2000.

STAYNER, R. M., **Grinder Characteristics and their effects on Hand-Arm vibration**, Health & Safety Executive (HSE) – Contract Research Report 115/1996, 162p., Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1996/CRR96115.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2004

STAYNER, R. M., **European Grinder Vibration Test Code, a Critical Review**, Health & Safety Executive (HSE) – Contract Research Report 135/1997,.92p. Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1997/crr97135.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2004

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.

WASSERMAN, D.E. **Human Aspects of Occupational Vibration** - *Advances in Human Factors/Ergonomics*, 8 – New York, 1987, 188p.

GLOSSÁRIO

Aceleração Instantânea [$a_j(t)$]: valor da aceleração ponderada em frequência, no instante de tempo t , segundo um determinado eixo de direção, expressa em m/s^2 .

Aceleração Média (a_{mj}): raiz média quadrática dos diversos valores das acelerações instantâneas ocorridas em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção “j”, onde “j” corresponde aos eixos ortogonais x, y ou z, definida pela expressão que segue:

$$a_{mj} = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{1/2} \quad [m/s^2]$$

Onde, $a_j(t)$ corresponde aos valores $a_x(t)$, $a_y(t)$ ou $a_z(t)$, em m/s^2 , segundo os eixos ortogonais x, y e z, respectivamente.

Aceleração Média Resultante (a_{mr}): corresponde à raiz da soma dos quadrados das acelerações médias nos três eixos ortogonais, definida pela expressão que segue:

$$a_{mr} = \sqrt{a_{mx}^2 + a_{my}^2 + a_{mz}^2} \quad [m/s^2]$$

Obs: A raiz da soma dos quadrados denominada na língua inglesa de valor *r.s.s* (Root Sums of Squares), pode ser obtida pela expressão anterior, porém as acelerações ponderadas em frequência, segundo os três eixos ortogonais, não correspondem necessariamente ao valor médio.

Aceleração de Exposição Diária (a_{hv}): corresponde à aceleração média resultante, representativa da exposição ocupacional diária, considerando-se os três eixos ortogonais. A notação utilizada é a mesma presente na ISO 5349: 2001.

Aceleração de Exposição Normalizada [A(8)]: corresponde à aceleração média resultante, representativa da exposição ocupacional diária à vibração, convertida para a jornada padrão de 8 horas diárias.

Obs: outras notações são também encontradas na literatura para expressar a notação [A(8)] utilizada pela ISO 5349:2001:

$$a_{hw(eq,8h)} ; (a_{h,w})_{eq(8h)}$$

Análise espectral de Fourier: procedimento que permite a decomposição dos sinais nos seus constituintes de forma a obter o seu conteúdo em frequência e não apenas a evolução da sua forma no tempo. Utiliza como ferramenta a transformada integral (Fourier) que expressa uma função em termos de funções de base sinusoidal.

Dedos Brancos Induzidos pela Vibração (VWF): corresponde as lesões de ordem vascular ocasionadas pela exposição à vibração em mãos e braços.

Incidência: números de novos casos de uma doença numa população num período de tempo. É frequentemente expressa como porcentagem da população. É uma medida longitudinal.

Latência: período em anos de aparente inatividade entre o tempo no qual o estímulo está presente e o momento em que ocorre uma resposta específica nos indivíduos expostos.

Limite de Exposição (LE): parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos ao sistema mão-braço que possa resultar na síndrome da vibração.

Nível de Ação (NA): valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de ordem técnica e organizacional de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem prejuízos ao sistema mão-braço e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado. A superação deste valor implica a necessidade de uma vigilância à saúde para detecção de eventuais ocorrências de sintomas relacionados à síndrome da vibração.

Prevalência: número de casos existentes de uma doença numa dada população num momento específico do tempo (frequentemente expressa como uma porcentagem da população), corte transversal.

Síndrome da Vibração em Mãos e Braços (SVMB): corresponde à terminologia utilizada para se referir ao conjunto de sintomas de ordem vascular, neurológica, osteoarticular, muscular e outros, ocasionados pela exposição ocupacional às vibrações em mãos e braços.

APÊNDICES

Figura A1: Ilustração da planilha eletrônica elaborada para compilação e filtragem dos registros disponibilizados pelo Instituto para a Vida no Trabalho, NIWF (2005).

Microsoft Excel

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda Adobe PDF

H1812

Arbetslivsinstitutet Showing 2213 records out of 2213 found.

Acesso 13/6/2005

VL

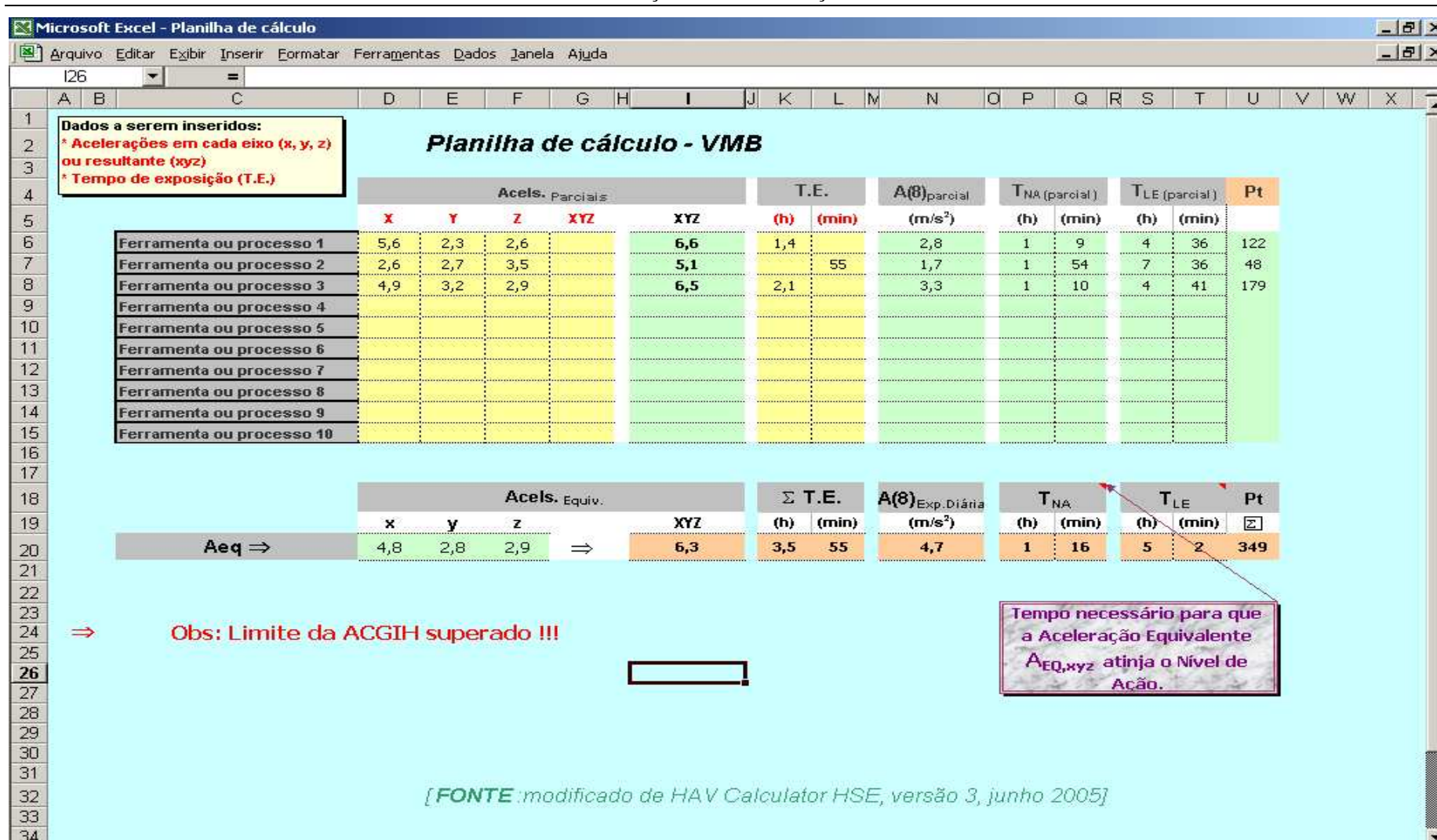
VL = Vibration Level (m/s²), SP_r = Sound Pressure Level (dBA), SP_o = Sound Power Level (dBA)

Machine type	Manufacturer	Model	Power	Type	VL	SP _r	SP _o	Pot (W)	Peso	RPM	Situação de trabalho	Az	Ay	Az	Soma
171	Bosch	GWS 7-115	Electric	CE	5	86	99	750	1,6	11000	similar				
172	Bosch	GWS 7-115 S	Electric	CE	5	86	99	750	1,6	11000	similar				
173	Bosch	GWS 10-125 C/CS	Electric	CE	5	86	99	1020	1,6	11000	similar				
174	Bosch	GWS 10-125 CE/CES	Electric	CE	5	86	99	1020	1,6	2800	similar				
175	Bosch	GWS 14-125 C/CS	Electric	CE	5	88	101	1400	1,8	11000	similar				
176	Bosch	GWS 14-150 CS	Electric	CE	5	87	100	1400	1,9	9300	similar				
177	Bosch	GWS 19-180	Electric	CE	5,5	95	108	1900	4,2	8500	similar				
178	Bosch	GWS 21-180 S	Electric	CE	5,5	95	108	2100	4,2	8500	similar				
179	Bosch	GWS 24-180 JS	Electric	CE	5,5	92	105	2400	4,8	8500	similar				
180	Bosch	GWS 19-230	Electric	CE	5,5	94	107	1900	4,2	6500	similar				
181	Bosch	GWS 21-230 S/JS	Electric	CE	5,5	94	107	2100	4,2	6500	similar				
182	Bosch	GWS 24-230 JS	Electric	CE	5,5	92	105	2400	4,8	6500	similar				
768	Bosch	300	Electric	Field	6,4					6000	Ferramenta antiga	1,7	1,6	6,0	6,4
769	Bosch	WS 1700 S	Electric	Field	8					6000		2,5	2,1	7,3	8,0
1805	Bosch	GWS 7-115	Electric	Field	1,6			1,5			Desbaste: Painel de fibra d	1	0,9	0,8	1,6
1806	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	3,2			1800	4,2	6500	Corte de rocha: travertino	3		3,2	4,4
1807	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	4,8			1800	4,2	6500	Corte de rocha: travertino	2,8		4,8	5,6
1811	Bosch	2370	Electric	Field	4,5				4,5		Corte de rocha: travertino	0,8	0,8	4,4	4,5
1812	Bosch	GWS 7-115	Electric	Field	1,9				1,5		Corte de rocha: travertino	0,8	1	1,3	1,8
1813	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	5,9			1800	4,2	6500	Corte de rocha: travertino	3	2,9	4,2	5,9
1814	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	5,9			1800	4,2	6500	Corte de rocha: travertino	4,2	3,1	2,7	5,9
1815	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	3,8			1800	4,2	6500	Placa de alumínio	2,2	1,3	2,8	3,8
1816	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	2,5			1800	4,2	6500	Corte de rocha: granito	1,4	1,4	1,6	2,5
1817	Bosch	GWS 7-115	Electric	Field	4,1				1,5		Corte de rocha: granito	2,8		4,1	5,0
1818	Bosch	2370	Electric	Field	6,2				4,5		Corte de rocha: travertino	0,6	0,6	6,1	6,2
1822	Bosch	GWS 7-115	Electric	Field	2,5				1,5		Corte de rocha: travertino	2,5		1,9	3,1
1826	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	2,7			1800	4,2	6500	Placa de alumínio	1,6	1,4	1,6	2,7
1827	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	9,1			1800	4,2	6500	Placa de alumínio	5	1,5	7,4	9,1
1828	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	3,8			1800	4,2	6500	Corte de rocha: granito	3,4	1	1,4	3,8
1829	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	8,3			1800	4,2	6500	Placa de alumínio	6,2	1,4	5,3	8,3
1830	Bosch	GWS 18-230	Electric	Field	4,5			1800	4,2	6500	Placa de alumínio	3,7	1,8	1,7	4,5
1839	Bosch	GWS 7-115	Electric	Field	5,4			750	1,7	11000	Corte de rocha: granito	2,8	3,9	2,5	5,4
1844	Bosch	GWS 6-115	Electric	Field	3,9			670	1,4	11000	Corte de painel de fibra de	3,3	1,6	1,2	3,9
1845	Bosch	GWS 6-115	Electric	Field	3,6			670	1,4	11000	Corte de painel de fibra de	3,2	1,4	0,8	3,6
1846	Bosch	GWS 6-115	Electric	Field	5,2			670	1,4	11000	Corte de painel de fibra de	2	0,9	4,8	5,2

NIWL Completa \ Ensaios Inst \ Plan Lab \ Transp 2NIWL \ Transposição \ Plan2 \ SENAI \ Rel % ferr \ Trans1 campo \ Campo

Modo de filtro

Figura A2: Ilustração da planilha eletrônica elaborada para cálculo das acelerações e parâmetros utilizados na avaliação da exposição dos operadores à vibração em mãos e braços.



APÊNDICE C

GERENCIAMENTO DA EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO POR MEIO DE SISTEMA DE PONTOS

[FONTE: Modificada de HSC, 2004]

Segundo a HSE, alguns empregadores podem achar útil a aplicação de um procedimento para registro e controle do tempo de exposição diário à vibração em mãos e braços de seus trabalhadores, ou seja, o tempo gasto na utilização de ferramentas manuais vibratórias ou em atividades que envolvam a exposição ao agente.

O objetivo é alocar um número de pontos de exposição por hora para cada tipo de ferramenta utilizada, em função da magnitude típica da vibração gerada pela mesma. Dessa forma pode-se determinar um número máximo de pontos de exposição diária para qualquer trabalhador. Isto fornece aos operadores e supervisores um método simples para registro e controle das suas exposições à vibração, sem a necessidade de utilizar as magnitudes da vibração em m/s^2 , ou valores da exposição representada por A(8).

O número de pontos n é definido pela seguinte expressão:

$$n = \left[\frac{a_{mr}}{2,5} \right]^2 \times \frac{t}{8} \times 100$$

Onde: a_{mr} é a magnitude da vibração em m/s^2 e t é o tempo de exposição em horas

A exposição representada por A(8) está relacionada ao número de pontos conforme segue:

$$A(8) = \left[\frac{n}{100} \right]^{1/2} \times 2,5$$

Para se atingir o nível de ação [$A(8) = 2,5 m/s^2$] implica $n = 100$

Para se atingir o nível de ação [$A(8) = 5,0 m/s^2$] implica $n = 400$

Para qualquer ferramenta ou processo, o número de pontos de exposição acumulados em uma hora (n_{1h}) pode ser obtido a partir da magnitude da vibração gerada utilizando-se a seguinte expressão:

$$n_{1h} = 2 \times a_{mr}^2$$

Segue um exemplo do procedimento proposto:

Uma empresa de engenharia utiliza várias esmerilhadeiras pneumáticas e ocasionalmente lixadeiras orbitais aleatórias. Com base em discussões com os fornecedores das ferramentas, foi estabelecido que a magnitude típica da vibração durante uso normal é de 4 m/s^2 para as esmerilhadeiras e de 8 m/s^2 para as lixadeiras. Não existe outras fontes significativas de exposição à VMB.

A política da empresa é manter a exposição de todos os empregados abaixo do nível de ação, ou seja, abaixo dos 100 pontos por dia e demonstrar o seu cumprimento. O gerente utiliza a expressão fornecida para o cálculo da pontuação por hora conforme segue:

$$(n_{1h} = 2 \times a_{mr}^2)$$

Para as esmerilhadeiras:

$$n_{1h} = 2 \times 4^2$$

$$n_{1h} = 32 \text{ (pontos por hora)}$$

Para as lixadeiras:

$$n_{1h} = 2 \times 8^2$$

$$n_{1h} = 128 \text{ (pontos por hora)}$$

Para atingir 100 pontos (política da empresa)

$$T_{\text{máx}}/\text{dia} = 100/32 = 3,1 \text{ h}$$

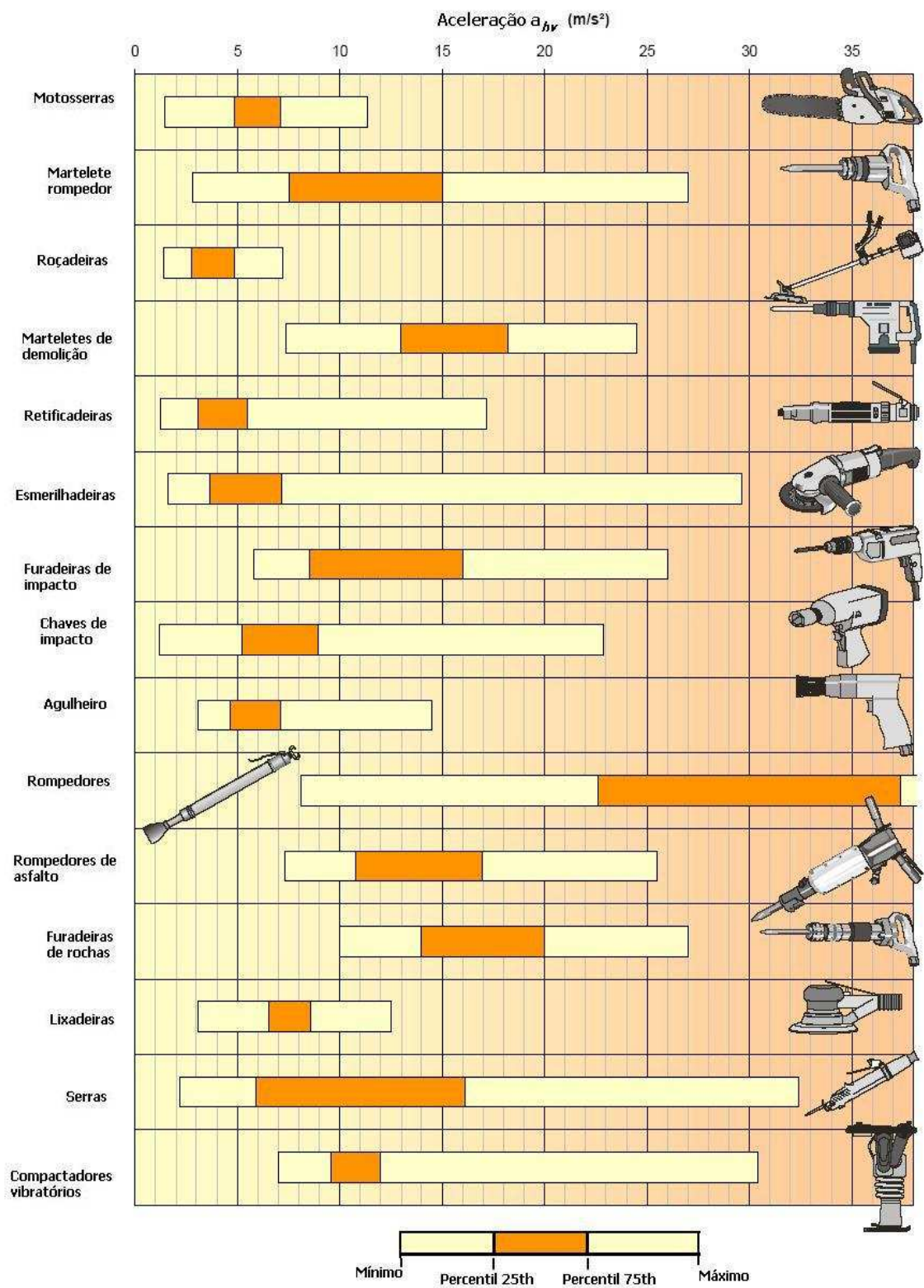
$$T_{\text{máx}}/\text{dia} = 100/128 = 0,78 \text{ h}$$

A companhia decide que nenhum funcionário deve operar a esmerilhadeira mais de três horas por dia, promovendo mudanças nos procedimentos de trabalho de forma a garantir que a política seja implementada. Eles devem introduzir sistemas de permissão de trabalho para controlar o uso da lixadeira, ficando o tempo de uso restrito a 45 minutos por dia.; os operadores não podem utilizar a esmerilhadeira no mesmo dia.

Os supervisores e todos os operadores devem ser informados e capacitados de modo a compreender e explicar que as esmerilhadeiras e lixadeiras causam uma exposição à vibração, numa taxa de 5 a 20 pontos respectivamente a cada 10 minutos de operação. Eles não deverão permitir que a contagem diária total ultrapasse 100 pontos. Essa informação deve estar rotulada nas ferramentas. Cada operador avalia e registra a sua pontuação com seu supervisor no final de cada jornada diária.

APÊNDICE D

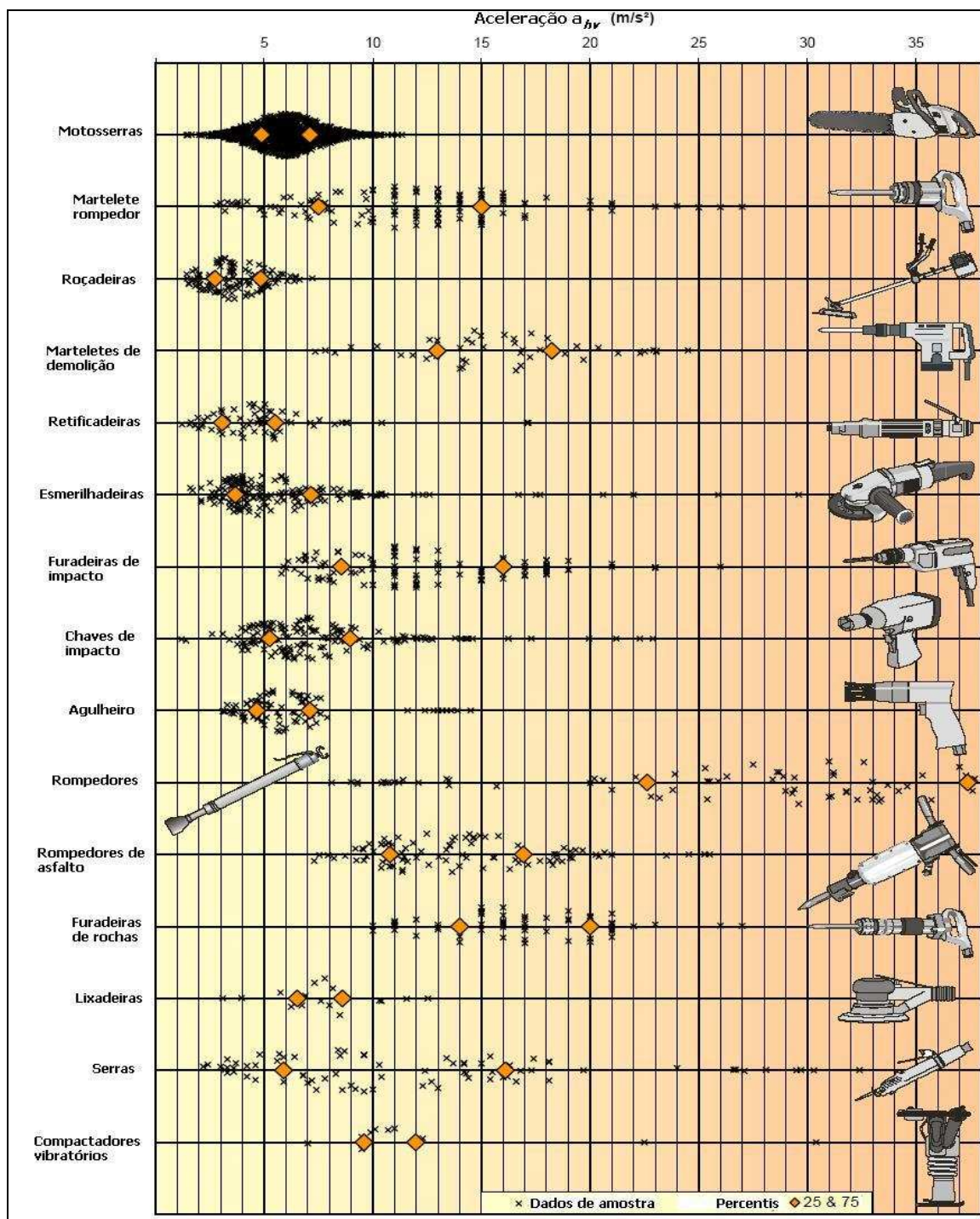
Faixas de valores de vibração relativas a ferramentas comuns no mercado americano



[Fonte: Modificado de ISVR, 2006]

APÊNDICE E

Exemplos de magnitudes de vibração em ferramentas comuns. Dados de amostras obtidas de medições da vibração (a_{hr}) em ambientes de trabalho no período de 1997 a 2005 pelo HSL¹ e INRS². Esses dados são ilustrativos e podem não representar o uso dessas ferramentas em todas as circunstâncias.



[Fonte: Modificado de ISVR, 2006]

APÊNDICE F

¹ Health and Safety Laboratory - UK

² Institut National de Recherche et Sécurité - FR

Recomendações gerais voltadas à mitigação da exposição à VMB

Em relação à exposição dos acabadores, observou-se que os níveis de vibração mais elevados são produzidos pelas operações de desbaste com discos diamantados, discos abrasivos e rebolos. Neste caso, é recomendável evitar a execução exclusiva desse tipo de operação, como por exemplo, uma linha de produção dedicada ao desbaste. Essas operações devem ser sempre intercaladas com as operações de acabamento fino e lustro e seu tempo reduzido, na medida do possível.

É interessante notar que a vibração medida nas operações de acabamento fino e lustro no processo a úmido, cuja média foi de $3,0 \text{ m/s}^2$ resultou inferior à aceleração média obtida no processo a seco cujo valor médio foi de $3,6 \text{ m/s}^2$. Esperava-se uma diferença mais expressiva entre esses dois valores para esse tipo de operação, similar àquela ocorrida em relação às operações de desbaste e acabamento, cujas acelerações médias foram de $4,8 \text{ m/s}^2$ e $8,7 \text{ m/s}^2$ respectivamente.

Os motivos que justificaram os valores de vibração mais elevados nas operações de acabamento fino e lustro, no processo a úmido, são devidos a utilização de discos cerâmicos acoplados ao prato das lixadeiras por meio de velcro. Essa montagem permitia descentralizações e aumento da vibração gerada, além da presença de desgastes ou irregularidades nos próprios discos cerâmicos. Neste caso é importante orientar aos operadores quanto à centralização dos discos e a substituição de peças, suportes ou velcros comprometidos, de forma a minimizar a exposição.

Durante a avaliação em uma marmoraria com acabamento a úmido, foi notada a utilização indevida de uma ferramenta pneumática a água numa condição de trabalho a seco. Essa operação era realizada com lixas de diâmetro 230 mm, normalmente utilizadas em lixadeiras elétricas. Tal prática resultou em considerável elevação da vibração nas mãos do operador, conforme verificado no registro 46 da Tabela 15, atingindo acelerações em torno de $8,3 \text{ m/s}^2$, notadamente superior ao esperado para esse tipo de operação.

Além das considerações anteriores, outras recomendações podem auxiliar na mitigação da exposição do trabalhadores:

- a substituição de discos ou rebolos gastos ou defeituosos. Esses acessórios mesmo quando novos podem produzir altos níveis de vibração, devido a alguma irregularidade, como por exemplo desbalanceamento, sendo perceptíveis aos acabadores durante a operação.
- a compatibilidade entre o rendimento de trabalho necessário, a velocidade de rotação e o tipo de acessório utilizado.
- a execução de manutenção em ferramentas com eixo excêntrico.
- a capacitação e treinamento dos operadores quanto aos procedimentos de operação de forma a minimizar a exposição.
- a introdução de bancadas de trabalho que permitam o ajuste de altura e com dispositivos apropriados para fixação e movimentação das peças trabalhadas.
- a realização de pausas de no mínimo 10 minutos dentro de cada hora trabalhada, sem exposição à vibração.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela A1: Exemplos de efeitos encontrados em trabalhadores em atividades relacionadas à utilização esmerilhadeiras e lixadeiras

Autores	Ano	Sintomas	Ferramenta ou atividade	Nº de expostos	Prevalência⁽¹⁾
Peters	1946	Dor , latejamento, queimação	Polimento de alumínio	1000	11,6%
Stýblová	1959	VWF	Esmerilhamento e polimento	56	4%
Stýblová	1959	Dor em extremidade superior	Polimento e esmerilhamento	56	7%
Magos e Okos	1963	VWF	Esmerilhamento de peças de ferro fundido	10	10%
Magos e Okos	1963	VWF	Esmerilhamento e limpeza de peças de ferro fundido	7	14%
Goldelman <i>et al.</i>	1965	VWF	Esmerilhamento e polimento	100	---
Petelenz <i>et al.</i>	1966	VWF	Esmerilhadeiras	26	---
Petelenz <i>et al.</i>	1966	Alterações neurológicas	Esmerilhadeiras	26	---
Petelenz <i>et al.</i>	1966	Sedimentação sanguínea e Linfócito	Esmerilhadeiras	26	---
Matsumoto <i>et al.</i>	1969	VWF	Esmerilhadeiras pneumáticas	325	9,2%
Yamada	1969	VWF	Esmerilhadeiras pneumáticas (aço)	---	7%
Yamada	1969	VWF	Esmerilhadeira tipo “Swing”	---	9%
Tartakovskaya <i>et al.</i>	1969	Anormalidades em falanges	Esmerilhadeiras manuais	184	---
Radzyukevich	1969	Limiars à vibração e dor elevados	Esmerilhamento e polimento	---	---
Kakosy <i>et al.</i>	1970	VWF	Esmerilhadeiras relativas a instrumentos médicos	44	79%
Koradecka	1970	VWF	Máquina de esmerilhamento	---	30%

Continuação da Tabela A1...

Autores	Ano	Sintomas	Ferramenta ou atividade	Nº de expostos	Prevalência⁽¹⁾
Banaszkiewics <i>et al.</i>	1970	VWF	Marteletes pneumáticos e esmerilhadeiras	212	50%
Mikulinsck e Yefremov	1971	VWF	Esmerilhadeira pneumática	---	56 casos
Lidström	1974	VWF	Esmerilhadeiras	42	21%
Langauer-Lewowicka e Gorka	1974	Anormalidades capilares	Esmerilhamento e mineração	37	---
Taylor <i>et al.</i>	1975	VWF	Esmerilhadeiras manuais (Tempo de latência de 18 anos)	245	22%
Asanova	1976	VWF	Esmerilhadeiras manuais em estaleiros	37	73%
Asanova	1976	Distúrbio do sono	Esmerilhadeiras manuais em estaleiros	37	16%
Asanova	1976	Dores musculares, etc.	Esmerilhadeiras manuais em estaleiros	37	49%
Leonida	1977	VWF	Esmerilhadeiras	---	---
Itoh <i>et al.</i>	1977	Límiars à vibração e dor	Esmerilhadeira	28	---
Suzuki	1978	VWF	Esmerilhadeira pneumática	29	23-69%
Bovenzi <i>et al.</i>	1980	VWF / (Tempo de latência ~ 7 anos)	Esmerilhadeiras manuais em navios e marteletes	169	31%
Penknovich <i>et al.</i>	1980	Hipertensão arterial	Esmerilhadeiras e politrizes	4000	22%
Behrens <i>et al.</i>	1982	VWF / (Tempo de latência 16,8 anos)	Rebarbação e esmerilhamento em estaleiros	122	19%
Behrens <i>et al.</i>	1982	VWF / (Tempo de latência 1,4 anos)	Rebarbação e esmerilhamento em fundição	263	47%

Continuação da Tabela A1...

Autores	Ano	Sintomas	Ferramenta ou atividade	Nº de expostos	Prevalência⁽¹⁾
Wasserman	1982	VWF / (Tempo de latência 16,5 anos)	Rebarbação e esmerilhamento em estaleiros	122	19%
Wasserman	1982	VWF / (Tempo de latência 1,4 anos)	Rebarbação e esmerilhamento em fundição	263	47%
Bovenzi <i>et al.</i>	1985	VWF / (Tempo de latência 9,2 anos)	Rebarbação e esmerilhamento em fundição	67	21%
Hayward e Griffin	1986	VWF	Esmerilhadeiras manuais e de pedestal	57	74%
Hayward e Griffin	1986	Límiars vibrotáteis elevados	Esmerilhadeiras	57	---
Yu <i>et al.</i>	1986	VWF	Esmerilhadeiras	39	18%
Bovenzi <i>et al.</i>	1987	Ósteo-artrite no punho	Martelete rebarbador e esmerilhadeira	67	
Bovenzi <i>et al.</i>	1987	Desordem no olecrânio	Martelete rebarbador e esmerilhadeira	67	51%

(1) As prevalências citadas não indicam necessariamente uma maior predominância da condição em relação a uma população de controle adequada, conforme a fonte citada.

[Fonte: modificado de GRIFFIN, 1996]

CUIDADOS RELACIONADOS À MEDIÇÃO DA VIBRAÇÃO EM FERRAMENTAS DE PERCUSSÃO OU ROTO PERCUSSÃO

Segundo GRIFFIN (1996), muitas ferramentas percussivas utilizadas em trabalhos com remoção de metal, como por exemplo, chaves de impacto e rebarbadores, geram choques de alta magnitude com taxas da ordem de 30 a 50 impactos por segundo. Esses choques contêm energia dentro de uma banda larga de frequências e portanto, excitam a vibração na ferramenta numa ampla faixa de frequência. A sensibilidade das mãos com relação à percepção da aceleração decresce com o aumento da frequência da vibração. Esse decréscimo ocorre conforme curva de ponderação específica prevista na norma de referência e indica que os sinais em torno de 1m/s^2 são de interesse abaixo de 16 Hz, ao passo que magnitudes maiores (superiores a 1.000 m/s^2) podem ser relevantes em torno de 1.000 Hz. Picos na aceleração próximos a $1.000.000\text{ m/s}^2$ podem ocorrer em ferramentas de impacto.

Vários tipos de erros de medição podem surgir quando os acelerômetros piezelétricos são expostos a choques elevados. Entre esses, destaca-se a variação do sinal no final de cada choque (Figura A1), ou seja, um deslocamento errôneo instantâneo no sinal contínuo (*d.c. shift*) produzido por alguns acelerômetros e seus condicionadores de sinal em resposta ao choque mecânico. Como resultado, o sinal de vibração é distorcido, de modo que falsas componentes de baixa frequência surgem devido à excitação de grandes transientes no transdutor, sobrecarregando o sistema piezelétrico mecanicamente (Figura A2). A utilização de filtros mecânicos, nesses casos pode limitar a passagem de frequências muito altas presentes nesses transientes, atuando como filtro passa-baixa, sem, no entanto, prejudicar a vibração na faixa de frequência de interesse. Para transdutores leves, em torno de duas gramas, uma camada fina de material resiliente em baixo da montagem do transdutor provavelmente será suficiente na prevenção desse efeito indesejado, ISO 5349 (2001).

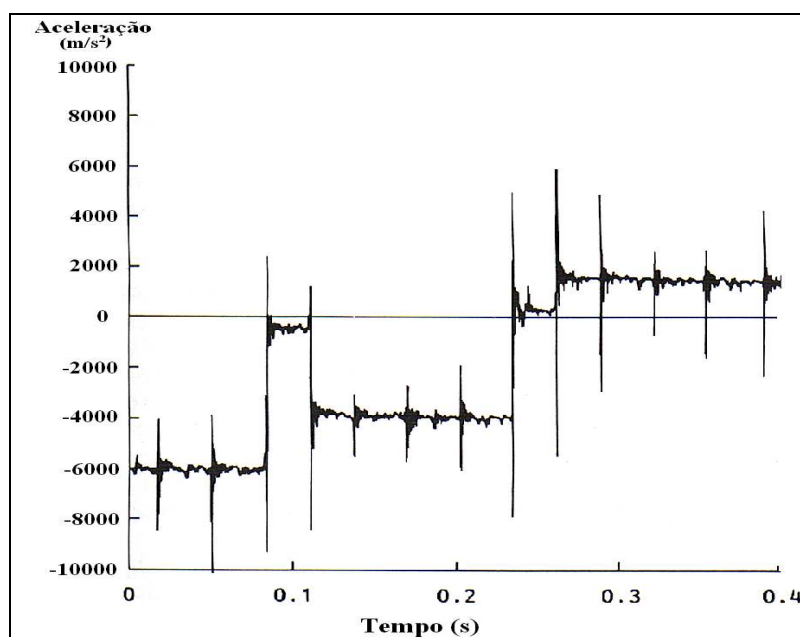


Figura A1: Exemplo de deslocamento (*d.c. shift*) presente no histórico temporal da aceleração proveniente de um acelerômetro apoiado no punho de um martete rebarbador
 [Fonte: Modificado de GRIFFIN (1996)]

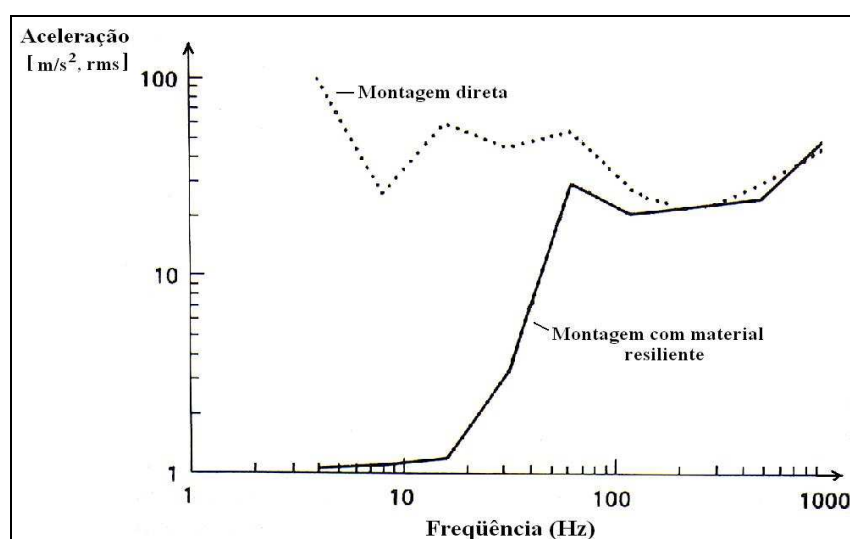


Figura A2: Exemplo da influência (*d.c. shift*) no espectro de banda de oitava de uma ferramenta de percussão em trabalho com metal, considerando-se dois tipos de montagem do acelerômetro

[Fonte: Modificado de KITCHENER (1977)¹ apud GRIFFIN (1996)]

¹ KITCHENER (1977). The measurement of hand-arm vibration in industry. Proceedings of the International Occupational Hand-Arm Vibration Conference, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati. DHEW (NIOSH) Publication N° 77-170, pp. 153-159.

ANEXO C

Tabela C1: Classificação das ferramentas segundo o rótulo de cores em função do nível de vibração fornecido pelo fabricante para os diversos modelos disponibilizados no mercado.

Fabricante	Modelo	Vibração [m/s ²]	Rótulo
Bosch	GBM 10 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 10RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 6E Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 6RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 10E Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 1 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 1RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 1E Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 10SRE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 350 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 350RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 400 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 400-2 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 400RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 450RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 10-2RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 13-2 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 32-4 Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GBM 13-2RE Rotary Drill	<2.50	Green
Bosch	GWB 10 Angle Drill	<2.50	Green
Bosch	GWB 10RE Angle Drill	<2.50	Green
Bosch	GGW 10E Tapper	<2.50	Green
Bosch	GRW 11E Stirrer	<2.50	Green
Bosch	GRW 9 Stirrer	<2.50	Green
Bosch	GSR 6-40TE Screwdriver	<2.50	Green
Bosch	GSR 6-25TE Screwdriver	<2.50	Green
Bosch	GSR 6-20TE Screwdriver	<2.50	Green
Bosch	GSR 8-6KE Screwdriver	<2.50	Green
Bosch	GSR 8-16KE Screwdriver	<2.50	Green
Bosch	GDS 24 Impact Wrench	4.00	Green
Bosch	GDS 30 Impact Wrench	4.00	Green
Bosch	GDS 18E Impact Wrench	3.50	Green
Bosch	GSB 13RE Impact Drill	15.00	Red
Bosch	GSB 16 Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 16-2 Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 16RE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 16RE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 1800-2RE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18-2 new Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18-2RE new Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 2-600RE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 22-2RE new Impact Drill	9.00	Orange
Bosch	GSB 18-2RE pro Impact Drill	13.00	Red
Bosch	GSB 90-2E Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 20-2 Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 20-2E Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18-2 Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18-2E Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18-2RE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 20-2RET Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 20-2RCE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 2000 Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 20-2RET Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18 Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GSB 18RE Impact Drill	11.00	Red
Bosch	GDB 1600WE Diamond Drill	<2.50	Green
Bosch	GWS 9-150C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125CM Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125CMS Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125CE Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125CES Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125CE Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-150CS Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	1347 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 7-115 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 650 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 500 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	1348 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 7-125 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	1348.7 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125CS Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 6-100 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 6-100E Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 6-115 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 6-115E Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 7-115 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 10-125C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 10-125CS Mini Grinder	5.00	Orange

ANEXO C – Tabela C1 *Continuação...*

Fabricante	Modelo	Vibração [m/s ²]	Rótulo
Bosch	GWS 10-125CE Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 10-125CES Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-125C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-125CS Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-125CE Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-150C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-150CS Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 7-115 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 10-125C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 10-125CE Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-125C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 7-115 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 7-115AVH Mini Grinder	2.50	Green
Bosch	GWS 9-125 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 9-125AVH Mini Grinder	2.50	Green
Bosch	GWS 9-125 Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 10-125C Mini Grinder	5.00	Orange
Bosch	GWS 14-4V Mini Grinder	4.50	Green
Bosch	GWS 18-180 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 19-180 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-180 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 19-180J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 18-180J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 18-230 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 19-230 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 19-230J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 18-230J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-180 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 21-180S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 21-180JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-180J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-230 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 21-230S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 21-230JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-230J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-180S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-180S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-180JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-180J Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-180JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-230 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-230S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-230S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-230JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-230JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-300 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-300S Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 24-300JS Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-230 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 23-180 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-180 Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 20-180 AVH Angle Grinder	2.50	Green
Bosch	GWS 21-230H new Angle Grinder	5.50	Orange
Bosch	GWS 21-230H AVH new Angle Grinder	2.50	Green
Bosch	GWS 18U Angle Sander	5.50	Orange
Bosch	GWS 21U Angle Sander	5.50	Orange
Bosch	GNS 14 Angle Sander	5.50	Orange
Bosch	GPO 12 Polisher	5.50	Orange
Bosch	GPO 12E Polisher	5.50	Orange
Bosch	GGG 16 Straight Grinder	4.00	Green
Bosch	GGG 27 Straight Grinder	3.50	Green
Bosch	GGG 27C Straight Grinder	3.50	Green
Bosch	GGG 1212 Straight Grinder	3.50	Green
Bosch	GGG 7C Straight Grinder	3.50	Green
Bosch	GGG 6 Straight Grinder	7.00	Orange
Bosch	GGG 6S Straight Grinder	7.00	Orange
Bosch	GGG 27L Straight Grinder	3.50	Green
Bosch	GGG 27LC Straight Grinder	3.50	Green
Bosch	GEB 1000CE Multi Brush	7.00	Orange
Bosch	GSC 1.6/GSC 16 Shears	3.00	Green
Bosch	GSC 160 Shears	3.00	Green
Bosch	GSC 2.8 Shears	3.00	Green
Bosch	GSC 3.5 Shears	3.00	Green
Bosch	GSC 4.5 Shears	3.00	Green
Bosch	GSZ 160 Shears	3.00	Green
Bosch	1508 Shears	3.00	Green
Bosch	GNA 1.3 Nibbler	3.00	Green
Bosch	GNA 1.6 Nibbler	3.00	Green
Bosch	GNA 16 Nibbler	3.00	Green
Bosch	GNA 2.0 Nibbler	3.00	Green

[Fonte : Modificado de HAE, 2005]

Tabela C2: Tempo máximo de exposição diária em função da classificação do risco e da vibração emitida pela ferramenta.

- Risco baixo (Verde)** - $< 5 \text{ m/s}^2$
Risco médio (Laranja) - $5 \text{ a } 10 \text{ m/s}^2$
Risco alto (Vermelho) - $> 10 \text{ m/s}^2$

Vibração em m/s^2	Tempo máx de uso diário em horas	
Abaixo de 5	 <p>Uso diário máximo de 8 horas</p>	8 horas
5 a 10	 <p>Uso diário máx de 2 horas sem necessidade de avaliações adicionais</p>	2 horas
Mais de 10	 <p>Consulte seu supervisor</p>	Análise do risco

[Fonte: Modificado de HAE, 2004]