

# **NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL**

**PROCEDIMENTO TÉCNICO**

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO  
OCUPACIONAL A VIBRAÇÕES  
EM MÃOS E BRAÇOS**

**NHO 10**

**MINISTÉRIO  
DO TRABALHO E EMPREGO**



**FUNDACENTRO**  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Norma de Higiene Ocupacional  
Procedimiento Técnico

**Presidenta da República**

Dilma Rousseff

**Ministro do Trabalho e Emprego**

Carlos Daudt Brizola

**FUNDACENTRO**

**Presidente**

Eduardo de Azeredo Costa

**Diretor Executivo Substituto**

Rogério Galvão da Silva

**Diretor Técnico**

Domingos Lino

**Diretora de Administração e Finanças Substituta**

Solange Silva Nascimento

*Elaboração*  
Irlon de Ângelo da Cunha  
Eduardo Giampaoli

# Norma de Higiene Ocupacional

NHO 10: Avaliação da exposição  
ocupacional a vibrações em mãos e braços

*Procedimento técnico*

São Paulo

MINISTÉRIO  
DO TRABALHO E EMPREGO



FUNDACENTRO  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

2013

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.  
Disponível também em: [www.fundacentro.gov.br](http://www.fundacentro.gov.br)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Serviço de Documentação e Bibliotecas – CDB / Fundacentro  
São Paulo – SP  
Erika Alves dos Santos CRB-8/7110

Fundacentro.

Norma de higiene ocupacional : NHO 10 : avaliação da  
exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços : procedimento  
técnico [texto] / Fundacentro ; [equipe de elaboração, Irlon de Ângelo  
da Cunha, Eduardo Giampaoli]. – São Paulo: Fundacentro, 2013.

53 p. : il. color., tabs. ; 23 cm. - (Normas de higiene ocupacional -  
NHO ; 10).

ISBN 978-85-98117-76-8

1. Vibração de mão e braço – Risco profissional. 2. Vibração de  
mão e braço – Doenças ocupacionais. 3. Vibração de mão e braço –  
Segurança e saúde no trabalho. I. Cunha, Irlon de Ângelo da. II.  
Giampaoli, Eduardo. III. Título. IV. Série.

CIS  
Bazaw Yhai Mc

CDU  
614.872+613.6.027

CIS – Classificação do “Centre International d’Informations de Sécurité et d’Hygiène  
du Travail”

CDU – Classificação Decimal Universal

### **Ficha técnica**

*Coordenação Editorial:* Glaucia Fernandes

*Revisão gramatical:* Karina Penariol Sanches • Beatriz Taroni de Aguiar (estagiária)

*Normalização:* Erika Alves dos Santos

*Design capa e miolo:* Flávio Galvão

## **Apresentação**

A Coordenação de Higiene do Trabalho da Fundacentro deu início, na década de 1980, à publicação de uma série de normas técnicas denominadas anteriormente Normas de Higiene do Trabalho (NHT). Nessa época, não foram elaboradas NHT para o agente vibrações.

Diante das transformações tecnológicas e da necessidade de atualização dos procedimentos de identificação, avaliação e controle da exposição dos trabalhadores aos agentes ambientais, a revisão das NHT tornou-se imprescindível, bem como a necessidade de elaboração de normas para outros agentes. Visando à utilização de terminologia mais atual, a nova série de normas passou a ser intitulada Normas de Higiene Ocupacional (NHO).

Em continuidade a esse processo, apresenta-se aos profissionais que atuam na área de higiene ocupacional a norma NHO 10 – *Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços*, resultado da experiência acumulada por técnicos da Fundacentro ao longo dos anos e de conceitos e informações utilizados internacionalmente.

Acredita-se que esta norma possa efetivamente contribuir como ferramenta na identificação e na quantificação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços com o intuito de colaborar no controle da exposição e na prevenção de doenças ocupacionais.

Walter dos Reis Pedreira Filho

*Pesquisador da Fundacentro*

## Sumário

<b>Prefácio</b> .....	9
<b>1 Objetivo</b> .....	10
<b>2 Aplicação</b> .....	10
<b>3 Referências normativas</b> .....	10
<b>4 Definições, símbolos, abreviaturas e correlações</b> .....	10
4.1 Definições, símbolos e abreviaturas .....	10
4.2 Principais correlações entre as terminologias e símbolos em português e em inglês relativos à norma ISO 5349-1:2001(E) .....	16
<b>5 Critério de avaliação da exposição ocupacional     à vibração</b> .....	16
<b>6 Procedimentos de avaliação</b> .....	18
6.1 Abordagem dos locais e das condições de trabalho .....	18
6.2 Análise preliminar da exposição.....	18
6.3 Avaliação quantitativa da exposição.....	19
6.3.1 Procedimentos gerais .....	19
6.3.1.1 Identificação das componentes de exposição .....	20
6.3.1.2 Obtenção de $a_{rep_i}$ , $T_i$ , $n_i$ .....	23
6.3.2 Sistemas de medição .....	25
6.3.2.1 Equipamentos de medição.....	25
6.3.2.2 Transdutores de vibração.....	25
6.3.2.3 Acessórios complementares .....	26
6.3.3 Calibradores para vibração .....	27
6.3.4 Calibração dos equipamentos .....	27
6.3.5 Interferentes ambientais no desempenho dos equipamentos .....	27
6.3.6 Procedimentos de medição .....	27
6.3.6.1 Localização e fixação dos transdutores.....	27
6.3.6.2 Medição dos valores de aceleração.....	33
6.3.7 Procedimento específico de medição .....	35

6.4	Determinação da exposição diária .....	37
6.5	Interpretação dos resultados .....	38
6.5.1	CrITÉrio de julgamento e tomada de decisão.....	39
6.6	Conjunto mÍnimo de medidas preventivas e corretivas .....	39
6.6.1	Medidas preventivas.....	40
6.6.2	Medidas corretivas.....	40
6.7	Exemplos de aplicaÇão da norma .....	41
6.7.1	Primeiro exemplo .....	41
6.7.1.1	InterpretaÇão do resultado obtido.....	44
6.7.2	Segundo exemplo.....	44
6.7.2.1	InterpretaÇão do resultado obtido.....	47
6.7.3	Terceiro exemplo.....	47
6.7.3.1	InterpretaÇão do resultado obtido.....	49
<b>7</b>	<b>RelatÓrio</b> .....	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>ReferÊncias</b> .....	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografia</b> .....	<b>51</b>



## **Prefácio**

Este procedimento faz parte da série de Normas de Higiene Ocupacional elaborada por técnicos da Coordenação de Higiene do Trabalho da Fundacentro.

Esta primeira edição da norma voltada à avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços propõe o conceito de *componente de exposição* como elemento a ser determinado pelo avaliador e utilizado na estimativa da exposição diária. Considera a possibilidade de medição com o transdutor fixado na ferramenta ou na mão do operador mediante a utilização de dispositivos apropriados.

## **Norma para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços**

### **1 Objetivo**

Esta norma técnica tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços que implique risco à saúde do trabalhador, entre os quais a ocorrência da síndrome da vibração em mãos e braços (SVMB).

### **2 Aplicação**

A norma aplica-se à exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços em quaisquer situações de trabalho.

### **3 Referências normativas**

As edições das normas relacionadas a seguir, referidas ao longo do texto, encontravam-se em vigor durante a elaboração da presente norma. Os usuários desta NHO devem estar atentos a edições mais recentes das normas referenciadas ou daquelas que venham a substituí-las.

ISO 5349-1 (2001): *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements.*

ISO 5349-2 (2001): *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace.*

ISO 8041 (2005): *Human response to vibration – Measuring instrumentation.*

### **4 Definições, símbolos, abreviaturas e correlações**

#### **4.1 Definições, símbolos e abreviaturas**

*Aceleração instantânea* [ $a_j(t)$ ]: valor da aceleração ponderada em frequência, no instante de tempo “t”, expressa em  $\text{m/s}^2$ , segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”.

*Aceleração média* ( $am_j$ ): raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição, expressa em  $\text{m/s}^2$ , na direção “j”, definida pela expressão que segue:

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

Sendo que  $a_j(t)$  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, e  $t_2 - t_1$  ao intervalo de medição.

*Aceleração média* ( $am_{ijk}$ )<sup>1</sup> : corresponde à aceleração média relativa à késima amostra obtida durante as repetições da *componente de exposição* “i”, medida segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”.

*Aceleração média resultante* ( $amr$ )<sup>2</sup> : corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, definida pela expressão que segue:

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [m / s^2]$$

Sendo:

$am_j$  = aceleração média;

$f_j$  = fator de multiplicação em função do eixo considerado ( $f = 1,0$  para os três eixos);

*Aceleração média de exposição parcial* ( $amep_{ij}$ ): corresponde à aceleração média representativa da exposição ocupacional relativa à *componente de exposição* “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, obtida segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das acelerações médias ( $am_{ijk}$ ) obtidas cada vez que a *componente de exposição* é repetida, conforme expressão que segue:

<sup>1</sup> Este parâmetro  $am_{ijk}$  pode ser obtido diretamente em um medidor integrador utilizando-se um acelerômetro monoaxial usado para medições em ferramentas percussivas, conforme subitem 6.3.7

<sup>2</sup> Este parâmetro  $amr$  pode ser obtido diretamente em um medidor integrador utilizando-se um acelerômetro triaxial.

$$amep_{ij} = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s am_{ijk} \quad \left[ m / s^2 \right]$$

Sendo:

**am<sub>ijk</sub>** = *aceleração média* relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da *componente de exposição* “i” no eixo de direção “j”;

**s** = número de amostras da *componente de exposição* “i” que foram mensuradas.

*Aceleração resultante de exposição parcial (arep<sub>i</sub>)*: corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à *componente de exposição* “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das *acelerações médias resultantes* (amr<sub>ik</sub>), obtidas cada vez que a *componente de exposição* é repetida, ou poderá ser obtido pela raiz quadrada da soma dos quadrados das *acelerações médias de exposição parcial* (amep<sub>ij</sub>), medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, conforme expressões que seguem:

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad \left[ m / s^2 \right]$$

ou

$$arep_i = \sqrt{amep_{ix}^2 + amep_{iy}^2 + amep_{iz}^2} \quad \left[ m / s^2 \right]$$

sendo:

**amep<sub>ij</sub>** = *aceleração média de exposição parcial*, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”;

**amr<sub>ik</sub>** = *aceleração média resultante relativa* à késima amostra selecionada dentre as repetições da *componente de exposição* “i”;

**s** = número de amostras da *componente de exposição* “i” que foram mensuradas.

*Aceleração resultante de exposição (are)*: corresponde à *aceleração média resultante* representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas *componentes de exposição* identificadas, definida pela expressão que segue:

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m/s^2]$$

Sendo:

**arep<sub>i</sub>** = *aceleração resultante de exposição parcial*;

**n<sub>i</sub>** = número de repetições da *componente de exposição* “i” ao longo da jornada de trabalho;

**T<sub>i</sub>** = tempo<sup>3</sup> de duração da *componente de exposição* “i”;

**m** = número de *componentes de exposição* que compõem a exposição diária;

**T** = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

*Aceleração resultante de exposição normalizada (aren)*: corresponde à *aceleração resultante de exposição (are)* convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela seguinte expressão:

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

Sendo:

**are** = *aceleração resultante de exposição*;

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

**T<sub>0</sub>** = 8 horas ou 480 minutos.

<sup>3</sup> Para fins desta norma, o parâmetro “tempo” pode ser expresso em horas, minutos ou segundos em função da conveniência de cálculo, desde que seja mantida a coerência na análise dimensional.

*Componente de exposição:* parte da exposição diária que pode ser representada por um único valor da aceleração resultante de exposição parcial (arep). A *componente de exposição* pode ser decorrente de uma única operação ou consequência de duas ou mais operações executadas de forma sequencial.

*Forças de prensão:* forças exercidas pelo trabalhador para segurar a ferramenta ou a peça que está sendo trabalhada.

*Grupo de exposição similar (GES):* corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o grupo.

*Limite de exposição (LE):* parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos ao sistema mão-braço que possam resultar em dano à saúde do trabalhador.

*Nível de ação:* valor acima do qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o *limite de exposição* seja ultrapassado.

*Ponto de medição:* ponto(s) localizado(s) na *zona de exposição*, ou próximo(s) a esta, de forma que os valores obtidos sejam representativos da exposição da região do corpo atingida.

*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 à vibração em mãos e braços.

*Zona de exposição:* interface entre a fonte de vibração e a região do corpo para a qual a energia da vibração é transferida.

## 4.2 Principais correlações entre as terminologias e símbolos em português e em inglês relativos à norma ISO 5349-1:2001(E)

- Aceleração instantânea [ $a_j(t)$ ]: *Instantaneous single-axis acceleration value* [ $a_{hw}(t)$ ].
- Aceleração média ( $a_{mj}$ ): *Root-mean-square single-axis acceleration value* ( $a_{hwj}$ ).
- Aceleração média resultante ( $a_{mr}$ ): *Vibration total value* ( $a_{hv}$ )
- Aceleração resultante de exposição normalizada ( $a_{ren}$ ): *Daily vibration exposure expressed in terms of 8-h energy-equivalent frequency-weighted vibration total value,  $a_{hv(eq,8h)}$  or  $A(8)$ .*
- Síndrome da vibração em mãos e braços (SVMB): *Hand-arm vibration syndrome (HAVS)*.

## 5 Critério de avaliação da exposição ocupacional à vibração

Para os fins desta norma, são utilizados os valores de referência descritos a seguir.

O nível de ação para a exposição ocupacional diária à vibração em mãos e braços adotado nesta norma corresponde a um *valor de aceleração resultante de exposição normalizada* ( $a_{ren}$ ) de 2,5 m/s<sup>2</sup>.

O *limite de exposição ocupacional* diária à vibração em mãos e braços adotado nesta norma corresponde a um *valor de aceleração resultante de exposição normalizada* ( $a_{ren}$ ) de 5 m/s<sup>2</sup>.

Para fins de comparação com o *limite de exposição* ou com o *nível de ação*, independentemente da duração da jornada de trabalho, deve-se determinar a *aceleração resultante de exposição normalizada* ( $a_{ren}$ ).

A *aceleração resultante de exposição normalizada* ( $a_{ren}$ ) é determinada pela expressão:

$$a_{ren} = a_{re} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad \left[ m / s^2 \right]$$

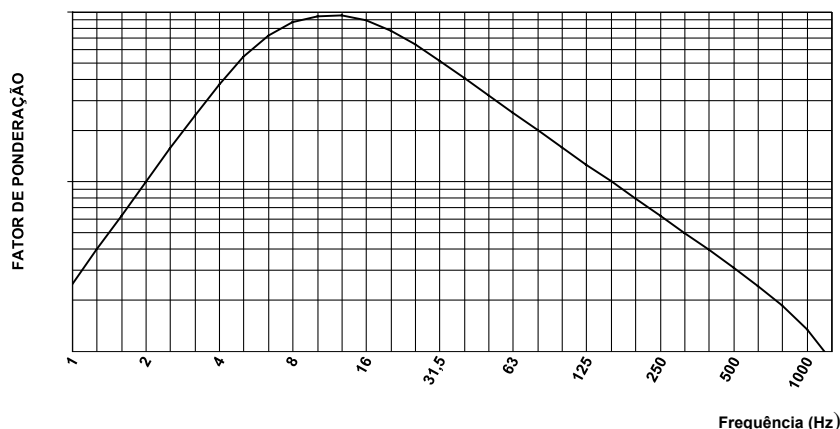
Sendo:

**are** = *aceleração resultante da exposição* representativa da exposição ocupacional diária;

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

**T<sub>0</sub>** = 8 horas ou 480 minutos.

Todas as acelerações consideradas neste critério são ponderadas em frequência, segundo a curva de ponderação  $W_h$  apresentada na Figura 1, conforme estabelecido no Anexo A da Norma ISO 5349-1: 2001 e especificada na ISO 8041 (2005).



**Figura 1** Curva de ponderação em frequência para vibração transmitida a mãos e braços  $W_h$

Fonte: gerada a partir da ISO 8041 (2005)

**Nota:** Os critérios estabelecidos na presente norma estão baseados em conceitos e parâmetros técnico-científicos modernos, seguindo tendências internacionais atuais, não havendo um compromisso de equivalência com o critério legal. Desta forma, os resultados obtidos e sua interpretação, quando da aplicação da presente norma, podem diferir daqueles obtidos na caracterização da insalubridade pela aplicação do disposto na Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho e Emprego, Norma Regulamentadora NR 15, anexo 8, alterado pela Portaria nº 12 de 06 de junho de 1983 da Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho (SSMT). Para fins de prevenção e controle, os resultados obtidos e sua interpretação também podem diferir da Norma Regulamentadora NR 9, da mesma Portaria nº 3.214, alterada pela Portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994 da SSMT



## 6 Procedimentos de avaliação

### 6.1 Abordagem dos locais e das condições de trabalho

Deverão ser obtidas informações técnicas e administrativas – relacionadas a ferramentas, operações e demais parâmetros (ambientais, de processos de trabalho etc.) envolvidos nas condições de trabalho avaliadas, a serem corroboradas por observações de campo, necessárias à identificação dos *grupos de exposição similar* e à caracterização da exposição dos trabalhadores com base no critério utilizado.

A avaliação da vibração deverá ser feita de forma a caracterizar a exposição de todos os trabalhadores considerados no estudo.

Identificando-se os *grupos de exposição similar*, não precisarão ser avaliados todos os trabalhadores. As avaliações podem ser realizadas cobrindo parte dos trabalhadores de cada grupo considerado cuja situação corresponda à exposição típica do grupo.

Havendo dúvidas quanto à possibilidade de redução do número de trabalhadores a serem avaliados, a abordagem deve considerar necessariamente a totalidade dos expostos no grupo considerado.

### 6.2 Análise preliminar da exposição

A análise preliminar tem por objetivo reunir elementos que permitam enquadrar as situações analisadas em três distintas possibilidades, quais sejam:

- a) a convicção técnica de que as situações de exposição sejam aceitáveis, pressupondo-se que estejam abaixo do *nível de ação*;
- b) a convicção técnica de que as situações de exposição sejam inaceitáveis, pressupondo-se que estejam acima do *limite de exposição*;
- c) a incerteza quanto à aceitabilidade das situações de exposição analisadas.

Para a análise preliminar da exposição, deve-se considerar os seguintes aspectos:

- a) informações fornecidas por fabricantes sobre os níveis de vibração gerados pelas ferramentas envolvidas na exposição;
- b) estado de conservação das ferramentas. O nível de vibração gerado por ferramentas vibratórias depende das condições de uso e conservação dessas ferramentas, sendo influenciado pelo desgaste, pela periodicidade de manutenção, entre outros fatores;

c) dados de medições de exposição ocupacional já existentes, eventualmente disponíveis;

d) dados de ferramentas similares também poderão ser utilizados como referência, desde que observadas as condições apresentadas na alínea “b”;

e) constatação de condições específicas de trabalho que possam contribuir para o agravamento das condições de exposição, como, por exemplo, atividades desenvolvidas em ambientes frios ou a utilização de ferramentas e acessórios em condições diversas das finalidades para as quais se destinam;

f) estimativa de tempo efetivo de exposição diária;

g) *nível de ação e limite de exposição* adotados, conforme item 5;

h) informações ou registros relacionados a queixas, susceptibilidades ou predisposições atípicas ou antecedentes médicos relacionados aos trabalhadores expostos e os efeitos neles gerados.

Quando, por meio da análise preliminar, houver a convicção técnica de que as situações de exposição são aceitáveis, em princípio não são necessárias avaliações quantitativas, sendo recomendada, no mínimo, a manutenção das condições de exposição existentes.

Quando, por meio da análise preliminar, houver a convicção técnica de que as situações de exposição são inaceitáveis, em princípio não são necessárias avaliações quantitativas, sendo obrigatória a adoção de medidas de controle.

Quando, após a análise preliminar, permanecer a incerteza da aceitabilidade da condição de exposição analisada ou quando houver a necessidade de se dispor do valor da *aceleração resultante de exposição normalizada* (aren) para quaisquer fins, deve-se efetuar a avaliação quantitativa.

## **6.3 Avaliação quantitativa da exposição**

### **6.3.1 Procedimentos gerais**

A avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços deverá ser feita utilizando-se de sistemas de medição que permitam a obtenção da *aceleração resultante de exposição normalizada* (aren), parâmetro representativo da exposição diária do trabalhador.

Os sistemas de medição devem ser compostos basicamente de medidores integradores e transdutores (acelerômetros) do tipo triaxial. Esses transdutores serão posicionados nos *pontos de medição*.

O conjunto de medições deve ser representativo das condições reais de exposição ocupacional do grupo de trabalhadores objeto do estudo. Desta forma, a avaliação deve cobrir todas as condições operacionais habituais e rotineiras que envolvem o trabalhador no exercício de suas funções. A diversidade das referidas condições normalmente é influenciada pela variedade de tipos de ferramentas, componentes e acessórios utilizados, das características dos materiais trabalhados e dos modos operacionais distintos, inerentes a cada trabalhador, tais como posturas, ritmo de trabalho e *forças de preensão*.

Os procedimentos de avaliação devem interferir o mínimo possível nas condições operacionais características da condição de trabalho em estudo.

A exposição diária pode ser composta por:

- uma *componente de exposição*, de curta ou longa duração, repetida ou não, durante toda a jornada de trabalho ou em parte dela;
- duas ou mais *componentes de exposição*, de curta ou longa duração, repetidas ou não, de forma sequencial ou aleatória, durante toda a jornada de trabalho ou em parte dela.

Esta forma de abordagem, por meio de *componentes de exposição*, tem por objetivo facilitar o processo de coleta de dados, tendo em vista as mais variadas condições de exposição.

Condições de exposição não rotineiras, decorrentes de operações ou procedimentos de trabalho previsíveis, mas não habituais, devem ser avaliadas e interpretadas isoladamente, considerando-se a sua contribuição na exposição diária.

Sempre que houver dúvidas quanto à representatividade de uma amostragem parcial, esta deverá ser estendida até que haja convicção técnica da representatividade da amostra.

### **6.3.1.1 Identificação das componentes de exposição**

A utilização desta forma de abordagem permite decompor a exposição diária em partes, cada uma composta por uma *componente de exposição* que se repete ou não. A identificação das *componentes de exposição* é feita por meio de uma avaliação

qualitativa, cuidadosa e detalhada, do processo e das condições de trabalho. considerando: ferramentas e acessórios utilizados, peças trabalhadas, procedimentos, operações e posturas adotadas, entre outros.

Quando a exposição diária for composta por duas ou mais *componentes de exposição*, distintas entre si, a avaliação da exposição ocupacional diária poderá ser feita pela composição dos dados obtidos para cada uma das componentes.

Pode-se ter, por exemplo, uma rotina de trabalho utilizando uma única ferramenta em diferentes fases de um processo produtivo. Um outro exemplo, que poderia ocorrer em uma linha de montagem, é a utilização de duas ou mais ferramentas, de forma alternada, em curtos intervalos de tempo.

### Exemplo 1

A identificação das *componentes de exposição* pode ser feita tendo por base os tipos de operação que são executados pelo trabalhador a ser avaliado.

Suponha um trabalhador que diariamente execute dois tipos de operação durante sua jornada de trabalho. No período da manhã, ele realiza a operação de desbaste de dezoito placas de granito utilizando uma lixadeira manual. O tempo médio de desbaste de cada placa está em torno de doze minutos, sendo que são gastos, em média, três minutos para a troca de uma placa desbastada pela seguinte. No período da tarde, com uma politriz manual, ele realiza a operação de polimento de nove das dezoito placas já desbastadas. O tempo médio de polimento de cada placa está em torno de vinte e sete minutos, sendo que são gastos, em média, três minutos para a troca de uma placa polida pela seguinte.

Analisando o exemplo proposto, verifica-se que uma alternativa para a avaliação da exposição à vibração é considerar duas *componentes de exposição*, sendo uma correspondente à operação de desbaste de cada placa, com duração média de doze minutos, e a outra relativa à operação de polimento de cada placa, com duração média de vinte e sete minutos. Deve ser observado que, neste caso, as *componentes de exposição* levam em consideração apenas o tempo efetivo de contato da mão com a vibração, não sendo computado o tempo utilizado para a troca de placas.

## Exemplo 2

A identificação das *componentes de exposição* pode ser feita em função do procedimento de medição a ser utilizado pelo avaliador.

Suponha uma rotina de trabalho em uma linha de montagem, na qual um operador utiliza, de forma alternada, duas ferramentas manuais motorizadas durante toda a jornada de trabalho, cada uma executando uma determinada operação. Este exemplo pressupõe que o tempo de uso de cada ferramenta e o intervalo de tempo entre o uso das ferramentas são de curta duração. Neste caso, o avaliador poderá definir as *componentes de exposição* considerando as alternativas que seguem:

- a) medição da vibração utilizando transdutores fixados na palma da mão do operador, mediante o uso de dispositivo apropriado (vide item 6.3.2.2). Nesta hipótese, a *componente de exposição* poderá ser a parcela da exposição que contém a utilização da Ferramenta 1, mais o intervalo de tempo entre o uso das ferramentas, mais a utilização da Ferramenta 2, mais o intervalo de tempo até a próxima utilização da Ferramenta 1. Neste critério, tem-se apenas uma *componente de exposição* que se repete ao longo da jornada.
- b) medição da vibração utilizando-se acelerômetros fixados em cada uma das ferramentas utilizadas. Nesta hipótese, podem ser identificadas duas *componentes de exposição*. A primeira poderá ser a parcela da exposição que contém a utilização da Ferramenta 1 mais o intervalo de tempo até a sua próxima utilização. A segunda poderá ser a parcela da exposição que contém a utilização da Ferramenta 2 mais o intervalo de tempo até a sua próxima utilização. Nesta condição, cada uma das *componentes de exposição* será representada por um valor de *aceleração resultante de exposição parcial* (arep<sub>p</sub>). Esta hipótese pressupõe que, durante o tempo no qual as ferramentas não estão sendo operadas, a vibração é nula ou desprezível.

Portanto, a definição das *componentes de exposição* fica a critério do avaliador, considerando-se as variáveis ambientais e operacionais e os recursos instrumentais disponíveis para a avaliação visando à praticidade do estudo.

No processo de medição, deve-se ter o cuidado necessário para minimizar a inclusão de sinais de vibração indesejados, não decorrentes da efetiva exposição. Como exemplo, podem ser menciona-

das as movimentações exageradas de mãos ou ferramentas, ou outras condições de operação que provoquem a excessiva movimentação do transdutor, induzindo respostas do equipamento que não são decorrentes da exposição ocupacional. Caso o avaliador constate a ocorrência da condição descrita, a amostra deverá ser descartada.

A integração do sinal poderá ser mantida de forma continuada quando ocorrerem interrupções na operação que não promovam interferências prejudiciais à representatividade da medição em relação ao período medido. Nesta hipótese, os tempos de duração da *componente de exposição* devem incluir os períodos de interrupção da operação. Este procedimento é particularmente recomendável para operações intermitentes que alternem rápidas exposições com rápidas interrupções. Nestes casos, a conduta de ativar e desativar a integração no medidor pode ocasionar erros e interferências no processo de medição, implicando distorção significativa do resultado final.

Como exemplo da referida situação de trabalho, pode ser citada a utilização de uma ferramenta manual em uma linha de produção em série, onde o operador aciona sua ferramenta de forma sistemática e repetitiva, conforme alternativas “a” e “b” descritas no exemplo 2.

### 6.3.1.2 Obtenção de $arep_i$ , $T_i$ , $n_i$

Uma vez determinadas as *componentes de exposição*, devem ser obtidos: a *aceleração resultante de exposição parcial* ( $arep_i$ ) representativa da contribuição da exposição ocupacional de cada uma das diferentes componentes identificadas; o tempo médio de duração de cada componente ( $T_i$ ); e o número de repetições de cada componente ao longo da jornada de trabalho ( $n_i$ ). Esses parâmetros serão utilizados na determinação da *aceleração resultante de exposição* ( $are$ ), conforme detalhado no subitem 6.4.

O tempo médio de duração  $T_i$  de cada *componente de exposição* deve ser obtido por meio da média aritmética das cronometragens, obtidas cada vez que a componente é repetida. Quando o número de repetições for igual ou superior a três, devem ser feitas, no mínimo, três cronometragens ou tantas quantas forem necessárias para que seja alcançado um valor representativo do  $T_i$ .

A *aceleração resultante de exposição parcial* ( $arep_i$ ) de cada *componente de exposição* deve ser obtida por meio da média aritmética das acelerações, obtidas cada vez que a componente é repetida e mensurada, conforme expressão abaixo. Cada valor de aceleração obtido neste caso

corresponde à *aceleração média resultante* ( $amr_{ik}$ ). Quando o número de repetições for igual ou superior a três, devem ser feitas, no mínimo, três medições ou tantas quantas forem necessárias para que seja alcançado um valor representativo de  $arep_i$ . É recomendável que as repetições da *componente de exposição* a serem mensuradas sejam selecionadas de forma aleatória, visando à busca da qualidade na representatividade do valor de  $arep_i$ , que será obtido pela expressão que segue:

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m / s^2]$$

Sendo:

$amr_{ik}$  = *aceleração média resultante* relativa à  $k$ ésima amostra selecionada dentre as repetições da *componente de exposição* “i”;

$s$  = número de amostras da *componente de exposição* “i” que foram mensuradas.

A medição em um número maior de repetições pode ser necessária quando a *componente de exposição* for de curta duração ou forem constatadas significativas variações nas acelerações obtidas entre diversas repetições observadas. Todavia, este fato também pode ser indicativo de que houve falha ou inadequação na identificação das *componentes de exposição*. Neste caso, pode ser necessária uma nova análise das condições de exposição do trabalhador avaliado, visando a uma nova identificação das *componentes de exposição*. As referidas variações nas acelerações obtidas também podem ser decorrentes de falhas no processo de medição, indicando a necessidade de revisão do procedimento e do instrumental utilizado.

Conforme pode ser observado, o procedimento de cálculo de  $arep_i$ , mostrado anteriormente, aplica-se apenas quando forem feitas medições distintas e independentes da *aceleração média resultante* ( $amr_{ik}$ ) cada vez que a *componente de exposição* for repetida.

Outra situação ocorre quando a integração do sinal for mantida de forma continuada, procedimento recomendável para operações intermitentes que alternem rápidas exposições com rápidas interrupções, conforme já discutido anteriormente no exemplo 2, que trata da exposição em linha de montagem. Neste caso, a medição prossegue

coabrindo várias repetições da *componente de exposição* até que o avaliador, baseado no seu julgamento e experiência profissional, tenha convicção de que a amostragem é representativa da exposição, sendo que o resultado  $amr_i$  obtido já corresponde ao valor do  $arep_i$  a ser atribuído à *componente de exposição* em análise.

Quando a *componente de exposição* identificada for uma condição de exposição de longa duração, a caracterização da exposição pode ser feita por meio da avaliação de uma parcela desta componente, desde que um resultado representativo desta seja fornecido, conforme convicção do avaliador. Neste caso, o resultado da medição obtido nesta parcela já corresponde ao valor de  $amr_{ik}$  a ser atribuído à *componente de exposição* sob análise. Caso esta componente em análise ocorra apenas uma vez na jornada, o resultado obtido já corresponde ao valor do  $arep_i$  a ser-lhe atribuído.

Como exemplo de exposição de longa duração, pode ser citada uma operação de corte de grama, com cortador manual motorizado ou roçadeira, executada de forma continuada ao longo da jornada ou em parte dela.

### 6.3.2 Sistemas de medição

#### 6.3.2.1 Equipamentos de medição

Os medidores a serem utilizados na avaliação da exposição ocupacional à vibração em mãos e braços devem atender aos requisitos constantes da Norma ISO 8041 (2005) ou de suas futuras revisões e complementações e estarem ajustados de forma a atender aos seguintes parâmetros:

- circuito de ponderação para mãos e braços ( $W_h$ )
- fator de multiplicação em função do eixo considerado:  $f_j = 1,0$  para os eixos “x”, “y” e “z”
- medição em rms

#### 6.3.2.2 Transdutores de vibração

A seleção do transdutor de vibrações (acelerômetro) deve ser feita considerando-se o tipo de montagem necessária para os devidos posicionamento e fixação do transdutor, bem como as características do sinal a ser medido, tais como: frequências, amplitudes, ocorrência de picos elevados (por exemplo: em ferramentas de percussão).



Em princípio, a utilização de transdutores de pequeno porte minimiza a interferência na medição e facilita um melhor posicionamento. O conjunto composto pelo acelerômetro e pelos dispositivos de fixação deve possuir massa inferior a 10% da massa do componente vibrante (punho, corpo da ferramenta ou peça trabalhada).

Para valores iguais ou superiores a 10%, devem ser buscadas outras opções de montagem que impliquem menor massa, como, por exemplo, a utilização de acelerômetros mais leves.

Dentro dos estudos e das pesquisas visando à otimização dos procedimentos de avaliação da exposição a vibrações, tem havido o desenvolvimento de novos sistemas de medição que utilizam transdutores cada vez menores ou conjuntos de microtransdutores, tais como dispositivos estruturados na forma de luvas que o trabalhador a ser avaliado deverá calçar durante a execução de suas atividades.

Alguns desses novos dispositivos, que ainda estão em fase de desenvolvimento, além da medição da aceleração, permitem determinar o tempo de contato com a superfície vibrante e as *forças de preensão* em diversas regiões da palma da mão. Nestes casos, os conceitos e os procedimentos apresentados nesta norma ainda podem ser aplicáveis, sendo eventualmente necessários ajustes no processamento e no tratamento do sinal e no procedimento de medição.

### 6.3.2.3 Acessórios complementares

Além dos equipamentos de medição e dos transdutores de vibração, pode ser necessária a utilização de acessórios complementares, tais como adaptadores de acelerômetros e filtros mecânicos.

Quando estritamente necessários, adaptadores de acelerômetros podem ser utilizados para promover a localização e a fixação dos transdutores de forma mais adequada ou conveniente. No entanto, estes dispositivos muitas vezes podem agregar um erro adicional no resultado obtido decorrente do acréscimo de massa, do afastamento do acelerômetro da superfície vibrante, da interferência na transmissividade do sinal a ser medido e do comprometimento do modo normal de operação, dentre outros.

Em função dos aspectos mencionados, considerando os diversos tipos e formas dos referidos adaptadores disponíveis no mercado, sempre que o uso for imprescindível, a seleção destes deve ser feita de forma criteriosa.

Filtros mecânicos podem ser necessários em medições que envolvam ferramentas percussivas ou rotopercussivas (ver subitem 6.3.7).

### **6.3.3 Calibradores para vibração**

Os equipamentos utilizados na regulação dos medidores de vibração devem atender às especificações da Norma ISO 8041 (2005), ou de suas futuras revisões e complementações, e ser compatíveis com os acelerômetros utilizados.

### **6.3.4 Calibração dos equipamentos**

Medidores, acelerômetros e calibradores deverão ser periodicamente calibrados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), por laboratórios acreditados pelo Inmetro para esta finalidade ou por laboratórios internacionais, desde que reconhecidos pelo Inmetro. A periodicidade de calibração deve ser estabelecida com base nas recomendações do fabricante, em dados históricos da utilização dos medidores que indiquem um possível comprometimento na confiabilidade do equipamento e em critérios que venham a ser estabelecidos em lei. A calibração também deverá ser refeita sempre que ocorrer algum evento que implique suspeita de dano ou comprometimento do sistema de medição.

### **6.3.5 Interferentes ambientais no desempenho dos equipamentos**

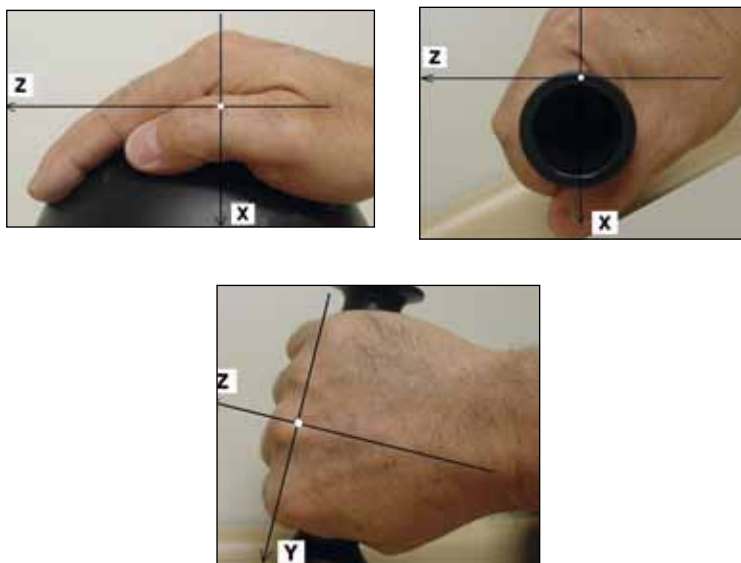
Na utilização dos medidores e calibradores, deverão ser consideradas as interferências decorrentes das condições de umidade e temperatura, da presença de campos magnéticos ou outros interferentes, conforme especificados pelos fabricantes.

### **6.3.6 Procedimentos de medição**

#### **6.3.6.1 Localização e fixação dos transdutores**

As medições da vibração transmitida às mãos devem ser feitas segundo as três direções de um sistema de coordenadas ortogonais, de forma simultânea, utilizando-se acelerômetro do tipo triaxial.

A Figura 2 ilustra a localização do sistema de coordenadas ortogonais que serve como base para a identificação do ponto de medição idealizado.



**Figura 2** Localização do sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços  
Fonte: Fundacentro

Quando forem identificadas diferenças significativas entre os níveis de aceleração que atingem as duas mãos, as medições deverão ser realizadas na mão exposta ao maior nível.

As medições devem ser feitas no *ponto de medição* selecionado de forma que os resultados sejam representativos da exposição ocupacional.

Na prática, o posicionamento do acelerômetro pode diferir da posição de referência ilustrada na Figura 2 em função das características e das condições de manuseio das ferramentas ou das peças trabalhadas.

Em determinadas situações, algumas opções de montagem do acelerômetro podem interferir na forma habitual do operador segurar a ferramenta ou peça que está sendo trabalhada. A impossibilidade de fixação do acelerômetro pode ser outra dificuldade decorrente da forma da ferramenta ou peça ou, ainda, da existência de revestimento com material resiliente nos pontos de medição.

Eventualmente, para a referida representatividade ser alcançada, pode ser necessária a realização de medição em dois pontos distintos, adotando-se como resultado a média dos valores obtidos nestes dois pontos. Esta alternativa se aplica quando dois pontos próximos ao centro da *zona de exposição* aparentam ser igualmente representativos da exposição, mas apresentam leituras diferenciadas. Como exemplo, pode

ser citada a amplitude de vibração, variável ao longo do punho de uma ferramenta devido às suas características construtivas.

Estas dificuldades de posicionamento e de fixação dos acelerômetros, em alguns casos, podem ser superadas pelo uso de adaptadores projetados especialmente para esta finalidade. Nestes casos, durante a medição, o acelerômetro é fixado no adaptador e este é posicionado no *ponto de medição*. No entanto, estes dispositivos eventualmente podem agregar um erro adicional no resultado obtido. Estes aspectos deverão ser considerados na seleção do dispositivo a ser utilizado na medição.

Outra possibilidade que deve ser considerada é a viabilidade de fixação de transdutor(es) na mão do trabalhador exposto mediante a utilização de dispositivo(s) apropriado(s), concebido(s) para essa finalidade, conforme observado no item 6.3.2.2. Esta alternativa, sempre que possível, deve ser considerada, pois, de um modo geral, melhor retrata a exposição à qual o trabalhador fica realmente submetido, principalmente quando, durante a operação, ocorrerem mudanças sistemáticas das posturas e das posições das mãos em relação aos punhos e ao corpo da ferramenta, ou quando o operador alterna, de forma rápida e sistemática, duas ou mais ferramentas para o desenvolvimento de sua rotina de trabalho.

Deve ser ressaltado que esta conduta não é válida quando a região de fixação na mão não coincide com a *zona de exposição*. Este fato pode ocorrer em uma condição de trabalho na qual o operador segura, com a ponta dos dedos, a ferramenta ou a peça a ser trabalhada e o transdutor e o adaptador foram fixados na palma da mão. Uma situação deste tipo pode ocorrer, por exemplo, quando o trabalhador segura uma peça durante um processo de usinagem, lixamento ou polimento.

A Figura 3, mostrada a seguir, apresenta exemplos de diferentes formas de manipulação de ferramentas manuais por trabalhadores durante o exercício de suas atividades. Estas posturas operacionais foram encontradas em ambientes de trabalho ao longo dos estudos realizados pela Fundacentro.



**Figura 3** Ilustração de diferentes posturas e empunhaduras dos operadores durante rotinas de trabalho operando ferramentas manuais

Fonte: Fundacentro

Os acelerômetros piezoelétricos podem sofrer interferências provocadas pela influência de picos de aceleração elevada (*dc shift*) que podem ocorrer durante medições efetuadas em determinadas fontes de vibrações, tais como ferramentas percussivas ou rotopercussivas. Esta influência pode promover a distorção do sinal medido, implicando leituras incorretas. Neste caso, devem ser observadas as orientações complementares apresentadas no item 6.3.7.

Quando o transdutor for fixado na ferramenta ou na peça trabalhada, o dispositivo de fixação do acelerômetro deve ser selecionado em função das características da superfície onde se encontra o *ponto de medição*. Não devem ser utilizados tipos de fixação que promovam um fraco acoplamento entre o transdutor e a superfície vibrante. Em determinadas situações, o uso de cera e alguns tipos de cola pode comprometer o acoplamento entre os dois elementos.

Sempre que possível, o acelerômetro deve ser fixado diretamente à superfície vibrante por meio de prisioneiro. Outra alternativa é a fixação do acelerômetro em um cubo metálico, que deve ser pequeno e leve tanto quanto possível. Este conjunto deve ser acoplado à superfície vibrante por meio de abraçadeiras metálicas ou plásticas. A Figura 4(a) tem apenas o objetivo de exemplificar duas formas de montagens. A montagem “A” não é recomendada devido à maior distância entre o acelerômetro e a superfície vibrante. A montagem “B”, além de aproximar o acelerômetro da superfície vibrante, resulta em menor massa por utilizar acelerômetro de menor tamanho e abraçadeira mais leve. A Figura 4(b) ilustra alguns tipos de acelerômetros triaxiais.



**Figura 4** (a) Exemplo de montagens de acelerômetros triaxiais;  
(b) Exemplo de tipos de acelerômetros triaxiais

Fonte: Fundacentro

A seleção do dispositivo ou da forma de fixação deve ser feita de modo a buscar o melhor acoplamento entre o acelerômetro e o *ponto de medição* visando a não comprometer as condições de operação e as características do sinal de vibração, próprias do processo de exposição ocupacional objeto de estudo.

Outro cuidado na montagem dos acelerômetros é o posicionamento e a fixação dos cabos de conexão ao medidor. Deve-se procurar posicioná-los de forma a não comprometer a livre movimentação do trabalhador avaliado e fixá-los a fim de evitar que os cabos sofram movimentações ou oscilações desnecessárias que possam introduzir sinais indesejados durante a medição, falseando os resultados obtidos e podendo, inclusive, danificar os referidos cabos ou conexões.

Quando as medições forem feitas na presença de umidade ou aerossóis, é recomendável considerar a eventual necessidade de se adotar cuidados adicionais visando à proteção das conexões elétricas, por exemplo, revestindo-as com a aplicação de gel de silicone. Para estas condições também pode ser conveniente a proteção do medidor, envolvendo-o com uma película transparente de PVC ou outro material que promova sua vedação, tendo-se o cuidado de não comprometer o seu funcionamento.

A Figura 5, mostrada a seguir, apresenta uma situação de montagem e posicionamento do acelerômetro em uma condição de trabalho na qual o operador não faz uso do punho auxiliar da ferramenta, uma vez que segura diretamente no corpo dela. A mesma figura também ilustra uma forma de fixação do acelerômetro e de proteção da conexão e do cabo elétrico.



**Figura 5** Ilustração de montagem em situações nas quais o operador não utiliza o punho auxiliar da ferramenta

### **6.3.6.2 Medição dos valores de aceleração**

Os equipamentos de medição, quando em uso, devem estar calibrados e em perfeitas condições eletromecânicas. Antes de iniciar as medições, deve-se:

- verificar a integridade eletromecânica do conjunto de medição, incluindo acelerômetro, cabos e conexões, bem como a coerência na resposta do instrumento;
- verificar as condições de carga das baterias;
- ajustar os parâmetros de medição, conforme o critério a ser utilizado, com base nas instruções do manual de operação e nos parâmetros especificados nesta norma;
- efetuar a regulagem do medidor de acordo com as instruções do fabricante.

O posicionamento e a conduta do avaliador devem propiciar a menor interferência possível nas condições e nos procedimentos de trabalho do avaliado, visando a não comprometer a medição.

Antes de iniciar a medição, o trabalhador a ser avaliado deve ser informado:

- do objetivo do trabalho e como as medições serão realizadas;
- que a medição não deve interferir em sua conduta de trabalho e em suas atividades habituais, devendo manter a sua rotina e seus procedimentos operacionais. Deve informar o avaliador sobre qualquer ocorrência que não seja habitual ou rotineira da tarefa que está sendo executada ou sobre qualquer dúvida quanto à sua conduta durante o processo de medição;
- sobre a fragilidade dos dispositivos utilizados, sendo alertado para o cuidado com eles durante a medição, como, por exemplo, evitar pancadas ou puxões nos cabos e acelerômetros, bem como atos bruscos e agressivos durante os procedimentos operacionais;
- que os dispositivos fixados em sua mão, ou em sua ferramenta de trabalho, ou na peça que está sendo processada só podem ser removidos pelo avaliador;
- sobre outros aspectos pertinentes.



Os dados obtidos só serão validados se o equipamento mantiver comportamento regular durante todo o procedimento de medição e atender às seguintes condições:

- a integridade eletromecânica do conjunto de medição deve estar preservada;
- o nível de tensão da(s) bateria(s) após o término das medições deve apresentar-se dentro do mínimo aceitável;
- a calibração realizada após as medições, em relação à regulação inicial, deve permanecer dentro da faixa de tolerância de  $\pm 5\%$  ou daquela especificada na documentação do medidor, devendo ser adotada a que for mais restritiva.

A identificação das *componentes de exposição* que irão compor a exposição diária do trabalhador avaliado e suas respectivas durações deve ser executada conforme estabelecido no item 6.3.1.1.

Posicionar e fixar, no *ponto de medição*, o acelerômetro e os demais dispositivos, conforme as orientações apresentadas no item 6.3.6.1. Iniciar o processo de integração quando o trabalhador começar a atividade correspondente à *componente de exposição* a ser avaliada e interromper a medição quando a *componente de exposição* for concluída, obtendo-se um valor de  $amr_{ik}$ . Este procedimento deve ser repetido de forma a cobrir um número suficiente de amostras (“s” amostras) que permita a obtenção de um resultado representativo da *componente de exposição* que está sendo avaliada ( $arep_i$ ), conforme apresentado em 6.3.1.2, determinado pela expressão:

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad \left[ m / s^2 \right]$$

Esta conduta deverá ser repetida para cada *componente de exposição* identificada.

Outra alternativa de medição, conforme já descrito no item 6.3.1.2, consiste em manter a integração do sinal de forma continuada, cobrindo várias repetições da *componente de exposição* até haver a convicção de que a medição esteja exibindo um resultado representativo. Neste caso, o resultado  $amr_i$  obtido já corresponde ao valor do  $arep_i$  a ser atribuído à *componente de exposição* em análise.

Conforme também já abordado em 6.3.1.2, para *componente de exposição* de longa duração, alternativamente, o tempo de integração pode ser reduzido para uma parcela do tempo de duração da componente, desde que a aceleração obtida seja representativa desta. Neste caso, o resultado da medição obtido nesta parcela já corresponde ao valor de  $\text{amr}_{ik}$  a ser atribuído à *componente de exposição* sob análise.

Caso esta componente em análise ocorra apenas uma vez na jornada, o resultado de  $\text{amr}_{ik}$  obtido já corresponde ao valor de  $\text{arep}_i$  atribuído à *componente de exposição* “i”. Esta conduta deverá ser repetida para cada *componente de exposição* identificada.

Havendo dúvidas sobre a representatividade de uma medição parcial, esta deverá obrigatoriamente ser estendida e, se necessário, cobrir todo o período de duração da *componente de exposição* em análise.

Durante a avaliação, o conjunto de medição deve ser verificado periodicamente a fim de assegurar que o acelerômetro esteja posicionado de forma adequada, que os cabos e as conexões estejam devidamente instalados e que o medidor esteja em condições normais de operação.

Retirar o acelerômetro do *ponto de medição* somente após a interrupção da medição.

Para cada *componente de exposição*, determinar e registrar os valores das acelerações medidas, os tempos efetivos de duração e o número de repetições. Registrar também a duração da jornada do trabalhador sob análise.

### 6.3.7 Procedimento específico de medição

Na avaliação da exposição ocupacional a vibrações em atividades que utilizam ferramentas percussivas ou rotopercussivas, os acelerômetros piezelétricos podem sofrer interferências provocadas pela influência de picos de aceleração elevada (*dc shift*). Esta influência pode promover a distorção do sinal medido, implicando leituras incorretas.

Nestes casos, não é recomendável a utilização de acelerômetros tri-axiais, sendo que as medições devem ser feitas por eixo, por meio do uso de acelerômetros monoaxiais. Para este procedimento de medição, também é recomendável a utilização de um filtro mecânico que deverá ser interposto entre o acelerômetro e o *ponto de medição* de modo a reduzir a transmissão, para o transdutor, do conteúdo de altas frequências provenientes dos transientes gerados.

Filtros mecânicos, de um modo geral, podem ser obtidos junto aos fabricantes de transdutores e equipamentos de medição ou podem ser confeccionados utilizando-se materiais resilientes, como, por exemplo, na forma de placas ou lâminas. O filtro deve ser concebido em função das características do acelerômetro e da montagem utilizada de forma a minimizar a influência dos transientes gerados e não interferir no sinal a ser medido.

Após a identificação dos eixos de medição, o(s) acelerômetro(s) monoaxial(is) deve(m) ser fixado(s), observando-se os requisitos apresentados no subitem 6.3.6.1. De preferência, as medições devem ser feitas de forma simultânea, no entanto, podem ser feitas sequencialmente, desde que as condições de exposição, nas três direções, sejam mantidas durante o processo de avaliação. As medições em cada eixo devem ser feitas seguindo-se os procedimentos e as orientações estabelecidas no subitem 6.3.6.2.

Adotando-se a primeira alternativa de medição prevista no subitem 6.3.6.2, para cada eixo de medição, o processo de integração deve iniciar-se quando o trabalhador começar a atividade correspondente à *componente de exposição* a ser avaliada, e a medição deve ser interrompida quando a *componente de exposição* for concluída, obtendo-se um valor de  $am_{ij}$ , sendo índice o “j” igual a “x”, “y” ou “z”, em função do eixo que estiver sendo avaliado. Este procedimento deve ser repetido de forma a cobrir um número suficiente de amostras (“s” amostras) que permita a obtenção de um valor de *aceleração média de exposição parcial* ( $amep_{ij}$ ) representativo da *componente de exposição* para cada eixo avaliado, determinado pela expressão que segue:

$$amep_{ij} = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s am_{ijk} \quad [m/s^2]$$

Sendo:

$am_{ijk}$  = *aceleração média* relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da *componente de exposição* “i”, no eixo de direção “j”

s = número de amostras da *componente de exposição* “i” que foram mensuradas.

Caso esta componente em análise ocorra apenas uma vez na jornada, o resultado de  $am_{ijk}$  obtido já corresponde ao valor de  $amep_{ij}$  atribuído à *componente de exposição* “i” sob avaliação.

Esta conduta deverá ser repetida para cada *componente de exposição* identificada.

Outra alternativa de medição, descrita nos itens 6.3.1.2 e 6.3.6.2, consiste em manter a integração do sinal de forma continuada, cobrindo várias repetições da *componente de exposição* até haver convicção de que a medição esteja exibindo um resultado representativo. Neste caso, o resultado obtido  $am_{ij}$  já corresponde ao valor do  $amep_{ij}$  a ser atribuído à *componente de exposição* em análise no eixo “j”, sendo este igual a “x”, “y” ou “z” em função do eixo que estiver sendo avaliado.

Desta forma, a partir de qualquer uma das alternativas anteriores, obtêm-se os valores  $amep_{ix}$ ,  $amep_{iy}$  e  $amep_{iz}$  representativos da *componente de exposição* em cada eixo avaliado. Com estes valores, o valor de  $arep_i$  pode ser obtido pela expressão:

$$arep_i = \sqrt{amep_{ix}^2 + amep_{iy}^2 + amep_{iz}^2} \quad [m / s^2]$$

## 6.4 Determinação da exposição diária

A exposição diária pode ser decorrente das seguintes situações:

- uma *componente de exposição*, de curta ou longa duração, de ocorrência única ou repetida durante toda a jornada de trabalho ou em parte dela;
- duas ou mais *componentes de exposição*, de curta ou longa duração, repetidas ou não, de forma sequencial ou aleatória, durante toda a jornada de trabalho ou em parte dela.

A obtenção da *aceleração resultante de exposição* (are), representativa da exposição ocupacional diária, deve ser feita por meio da seguinte expressão:

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m / s^2]$$

Sendo:

**arep<sub>i</sub>** = *aceleração resultante de exposição parcial* representativa da exposição ocupacional relativa à *componente de exposição “i”*;

**n<sub>i</sub>** = número de repetições de cada componente ao longo da jornada de trabalho;

**T<sub>i</sub>** = tempo de duração da *componente de exposição “i”*;

**T** = tempo de duração da jornada diária de trabalho;

**m** = número de *componentes de exposição* que compõem a exposição diária.

A *aceleração resultante de exposição normalizada* (**aren**), que corresponde à *aceleração resultante de exposição*, convertida para uma jornada padrão de 8 horas diárias, deve ser determinada por meio da seguinte expressão:

$$\mathbf{aren} = \mathbf{are} \sqrt{\frac{\mathbf{T}}{\mathbf{T}_0}} \quad \left[ \mathbf{m} / \mathbf{s}^2 \right]$$

Sendo:

**are** = *aceleração resultante de exposição*;

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

**T<sub>0</sub>** = 8 horas ou 480 minutos.

O resultado obtido no final dos cálculos deve ser arredondado para uma casa decimal sempre buscando o valor mais próximo. Exemplos: valor obtido: 3,64  $\Rightarrow$  valor assumido: 3,6; valor obtido: 3,65  $\Rightarrow$  valor assumido: 3,7; valor obtido: 3,68  $\Rightarrow$  valor assumido: 3,7.

## 6.5 Interpretação dos resultados

Com base no critério apresentado no item 5, sempre que a *aceleração resultante de exposição normalizada* (**aren**) for superior a 5 m/s<sup>2</sup>, o *limite de exposição* estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas corretivas, visando ao controle da exposição.

Se a *aceleração resultante de exposição normalizada* (**aren**) estiver entre 2,5 m/s<sup>2</sup> e 5 m/s<sup>2</sup>, a exposição deve ser considerada acima do *nível*

*de ação*, devendo ser adotadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração possam causar prejuízos à saúde dos trabalhadores e evitar que o *limite de exposição* seja ultrapassado.

As medidas preventivas ou corretivas referidas neste subitem devem, no mínimo, incluir aquelas descritas no subitem 6.6.

### 6.5.1 Critério de julgamento e tomada de decisão

O Quadro 1 apresenta considerações técnicas e a atuação recomendada em função da *aceleração resultante de exposição normalizada* (*aren*) encontrada na condição de exposição avaliada.

**Quadro 1** Critério de julgamento e tomada de decisão

<i>aren</i> ( $m/s^2$ )	<i>Consideração técnica</i>	<i>Atuação recomendada</i>
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente
> 2,5 a < 3,5	Acima do nível de ação	No mínimo, adoção de medidas preventivas
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária
acima de 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

### 6.6 Conjunto mínimo de medidas preventivas e corretivas

Deve ser ressaltado que, mesmo para valores de *aren* considerados aceitáveis, a adoção de medidas que venham a reduzir os níveis de exposição, se disponíveis ou viáveis, deve ser considerada prática positiva, uma vez que melhora as condições de exposição e minimiza os riscos de danos à saúde.

### 6.6.1 Medidas preventivas

As medidas preventivas são ações que visam a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem prejuízos ao sistema mão-braço e a evitar que o *limite de exposição* seja ultrapassado. Devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação e a orientação aos trabalhadores e o controle médico.

O monitoramento periódico consiste em uma avaliação sistemática e repetitiva da exposição dos trabalhadores e das medidas de controle visando a um acompanhamento dos níveis de exposição, tendo em vista a introdução ou a modificação das medidas de controle sempre que necessário.

Os trabalhadores devem ser informados e orientados sobre:

- riscos decorrentes da exposição à vibração em mãos e braços;
- cuidados e procedimentos recomendáveis para redução da exposição, como, por exemplo, dentro de condições seguras, utilizar o mínimo de força de preensão na sustentação e no deslocamento da ferramenta;
- buscar ajuda médica sempre que sentir nas mãos, de forma contínua, formigamentos, dormências intensas ou dor;
- eventuais limitações de proteção das medidas de controle, sua importância e o seu uso correto;
- informar seus superiores sempre que observar níveis anormais de vibração durante o uso das ferramentas.

O controle médico dos trabalhadores expostos à vibração em mãos e braços deve envolver exames físicos e a manutenção de um histórico com registros de exposições anteriores.

As medidas de caráter preventivo descritas neste subitem não excluem outras medidas que possam ser consideradas necessárias ou recomendáveis em função das particularidades de cada situação.

### 6.6.2 Medidas corretivas

As medidas corretivas visam a reduzir os níveis de exposição à vibração, devendo ser adotadas tendo por base as recomendações estabelecidas no critério de julgamento e na tomada de decisão apresentados no subitem 6.5.1.

Entre as diversas medidas corretivas podem ser citadas:

- modificação do processo ou da operação de trabalho, podendo envolver a substituição de ferramentas e acessórios, a reformulação ou a reorganização de bancadas e postos de trabalho, a alteração das rotinas ou dos procedimentos de trabalho, a adequação do tipo de ferramenta, do acessório utilizado e das velocidades operacionais;
- manutenção das ferramentas, em especial aquelas com eixo excêntrico, de forma a mantê-las em bom estado de conservação;
- troca de componentes gastos ou defeituosos, tais como: discos, rebolos, ponteiros, correntes de corte, mancais, rolamentos e acoplamentos;
- troca de componentes novos quando identificado que estes produzem vibração excessiva, resultante, por exemplo, de defeitos de fabricação ou da má qualidade dos produtos;
- redução do tempo de exposição diária;
- alternância de atividades ou operações que gerem exposições a níveis mais elevados de vibração com outras que não apresentem exposições ou impliquem exposições a menores níveis, resultando na redução da exposição diária.

As medidas de caráter corretivo descritas neste subitem não excluem outras medidas que possam ser consideradas necessárias ou recomendáveis em função das particularidades de cada situação.

## **6.7 Exemplos de aplicação da norma**

### **6.7.1 Primeiro exemplo**

Transcrevendo o Exemplo 1 apresentado no subitem 6.3.1.1, temos: um trabalhador que diariamente executa dois tipos de operação durante sua jornada de trabalho. No período da manhã, ele realiza a operação de desbaste de dezoito placas de granito, utilizando uma lixadeira manual. O tempo médio de desbaste de cada placa está em torno de doze minutos, sendo que são gastos, em média, três minutos para a troca de uma placa desbastada pela seguinte. No período da tarde, ele realiza a operação de polimento de nove das dezoito placas já desbastadas, com uma politriz manual. O tempo médio de polimento de cada placa está em torno de vinte e sete minutos, sendo que são gastos, em média, três minutos para a troca de uma placa polida pela seguinte.



Analisando o exemplo proposto, a alternativa adotada para a avaliação da exposição a vibrações foi considerar duas *componentes de exposição*, sendo uma correspondente à operação de desbaste de cada placa, com duração média de doze minutos, e a outra relativa à operação de polimento de cada placa, com duração média de vinte e sete minutos. Deve ser observado que, neste caso, as *componentes de exposição* levam em consideração apenas o tempo efetivo de contato da mão com a vibração, não sendo computado o tempo utilizado para a troca de placas.

Considerando a alternativa adotada, no estudo da primeira *componente de exposição* decorrente da execução da operação de desbaste, foram feitas medições em oito repetições da componente, selecionadas de forma aleatória. Cada medição cobriu o tempo total de duração de cada componente, sendo que os valores de  $amr_{ik}$  obtidos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** Valores de  $amr_{ik}$  relativos à primeira componente de exposição do primeiro exemplo

$amr_{ik}$	(m/s <sup>2</sup> )	$amr_{ik}$	(m/s <sup>2</sup> )
$amr_{11}$	5,9	$amr_{15}$	5,8
$amr_{12}$	5,2	$amr_{16}$	5,1
$amr_{13}$	5,7	$amr_{17}$	5,3
$amr_{14}$	5,5	$amr_{18}$	5,5

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m / s^2]$$

$$arep_1 = \frac{1}{8} (5,9 + 5,2 + 5,7 + 5,5 + 5,8 + 5,1 + 5,3 + 5,5) = 5,5 \text{ m} / s^2$$

No estudo da segunda *componente de exposição* relativa à execução da operação de polimento, foram feitas medições em cinco repetições da componente, selecionadas de forma aleatória. Cada medição cobriu uma parcela do tempo total de duração de cada componente. O tempo de duração de cada parcela variou de doze a dezessete minutos, sendo

que o resultado obtido em cada repetição mensurada foi considerado representativo da componente. Os valores de  $\text{amr}_{ik}$  obtidos estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** Valores de  $\text{amr}_{2k}$  relativos à segunda componente de exposição do primeiro exemplo

$\text{amr}_{2k}$	( $\text{m/s}^2$ )	$\text{amr}_{2k}$	( $\text{m/s}^2$ )
$\text{amr}_{21}$	4,2	$\text{amr}_{24}$	4,5
$\text{amr}_{22}$	3,6	$\text{amr}_{25}$	3,8
$\text{amr}_{23}$	3,9		

$$\text{arep}_2 = \frac{1}{5}(4,2 + 3,6 + 3,9 + 4,5 + 3,8) = 4,0 \text{ m/s}^2$$

A determinação da *aceleração resultante de exposição* ( $\text{are}$ ) é feita seguindo-se os procedimentos apresentados no subitem 6.4. Neste exemplo, deve ser observado que a jornada de trabalho corresponde a nove horas, ou seja, quinhentos e quarenta minutos.

$$\text{are} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i \text{arep}_i^2 T_i} \quad \left[ \text{m/s}^2 \right]$$

$$\text{are} = \sqrt{\frac{1}{540} (18 \times 5,5^2 \times 12 + 9 \times 4,0^2 \times 27)} = 4,393 \text{ m/s}^2$$

A determinação da *aceleração resultante de exposição normalizada* ( $\text{aren}$ ) é feita conforme estabelecido no subitem 6.4.

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

$$aren = 4,393 \sqrt{\frac{540}{480}} = 4,66 \cong 4,7 \text{ m} / s^2$$

### 6.7.1.1 Interpretação do resultado obtido

Com base no critério de julgamento e na tomada de decisão apresentados no subitem 6.5.1, constata-se que o valor obtido de  $4,7 \text{ m/s}^2$  encontra-se na região de incerteza, sendo recomendada a adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária.

### 6.7.2 Segundo exemplo

Transcrevendo o Exemplo 2 apresentado no subitem 6.3.1.1: temos um trabalhador que diariamente executa uma rotina de trabalho, durante o período da manhã, em uma linha de montagem, na qual utiliza, de forma alternada, duas ferramentas manuais motorizadas, cada uma executando uma determinada operação. O tempo médio de uso da Ferramenta 1 está em torno de trinta segundos; o tempo médio de uso da Ferramenta 2 está em torno de vinte segundos, sendo que são gastos, em média, dez segundos de intervalo para cada alternância entre ferramentas. No período da tarde, ele realiza a operação na qual não há exposição ocupacional à VMB. Sabe-se que a jornada diária do trabalhador é de 8h48.

Neste exemplo, observa-se que:

- 1) cada ferramenta é utilizada muitas vezes, mas por curtos intervalos de tempo;
- 2) o intervalo de tempo entre o uso das ferramentas também é de curta duração;
- 3) a medição da vibração será feita utilizando o acelerômetro fixado em cada uma das ferramentas, segundo opção adotada pelo avaliador.

Nesta hipótese, conforme já sugerido no subitem 6.3.1.1, podem ser identificadas duas *componentes de exposição*. A primeira poderá ser a parcela da exposição que contém a utilização da Ferramenta 1 mais o intervalo de tempo até a próxima utilização da mesma ferramenta. A segunda poderá ser a parcela da exposição que contém a utilização da Ferramenta 2 mais o intervalo de tempo até sua próxima utilização. Nesta condição, cada uma das *componentes de exposição* será representada por um valor de *aceleração resultante de exposição parcial* ( $arep_i$ ).

Deve ser observado que, neste caso, no tempo de duração de cada *componente de exposição*, além do tempo efetivo de contato da mão com a vibração, são computados também o tempo utilizado para a troca de ferramenta e o tempo de operação da outra ferramenta.

Desta forma temos:

- 1) o tempo de duração da primeira *componente de exposição* será de trinta segundos relativos à operação da Ferramenta 1, mais dez segundos referentes ao intervalo de tempo de troca para Ferramenta 2, mais vinte segundos relativos ao tempo de operação da Ferramenta 2, mais dez segundos relativos ao tempo de troca para Ferramenta 1, implicando um total de setenta segundos.
- 2) o tempo de duração da segunda *componente de exposição* será de vinte segundos relativos à operação da Ferramenta 2, mais dez segundos referentes ao intervalo de tempo de troca para Ferramenta 1, mais trinta segundos relativos ao tempo de operação da Ferramenta 1, mais dez segundos relativos ao tempo de troca para Ferramenta 2, implicando um total de setenta segundos.

É importante entender que, neste exemplo, embora o trabalhador opere as duas ferramentas de forma alternada, o avaliador efetua a medição considerando cada *componente de exposição* separadamente, uma vez que, no exemplo, optou-se por fixar o acelerômetro na ferramenta que está sendo objeto de estudo e não na mão do operador. Assim, quando a medição estiver avaliando o uso da Ferramenta 1, no momento em que o operador estiver operando a Ferramenta 2, o registro estará sendo da Ferramenta 1 na condição parada. O mesmo ocorre quando a medição estiver avaliando o uso da Ferramenta 2.

Também foi constatado pelo avaliador que, ao longo do período da manhã, em média, o operador utiliza cento e oitenta vezes cada ferramenta.

Neste exemplo, no estudo da primeira *componente de exposição*, a integração do sinal foi mantida de forma continuada, cobrindo vinte e uma repetições desta componente, sendo obtido o valor  $amr_1 = 4,0 \text{ m/s}^2$ .

Desta forma, a medição cobriu várias repetições da *componente de exposição* até que o avaliador teve convicção de que a amostragem foi representativa da exposição, sendo que, neste caso, o resultado  $amr_1$  obtido já corresponde ao valor da  $arep_1$  a ser atribuído à *componente de exposição* em análise.

Assim:  $amr_1 = arep_1 = 4,0 \text{ m/s}^2$ .

Para a segunda *componente de exposição*, foi adotada a mesma forma de medição utilizada para a primeira componente, neste caso cobrindo vinte e oito repetições desta componente, sendo obtido o valor  $amr_2 = 7,5 \text{ m/s}^2$ .

Neste caso, também se tem  $amr_2 = arep_2 = 7,5 \text{ m/s}^2$ .

Determinando-se a *aceleração resultante da exposição* ( $are$ ), seguindo-se os procedimentos apresentados no subitem 6.4, temos:

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i \text{ arep}_i^2 T_i} \quad [m / s^2]$$

$T$  = jornada diária = 8 horas e 48 minutos = 31.680 segundos

$$are = \sqrt{\frac{1}{31680} (180 \times 4,0^2 \times 70 + 180 \times 7,5^2 \times 70)} = 5,36 \text{ m/s}^2$$

A *aceleração resultante de exposição normalizada* ( $aren$ ), conforme estabelecido no subitem 6.4, será:

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

$T_0$  = 8 horas = 480 minutos = 28.800 segundos

$$aren = 5,36 \sqrt{\frac{31680}{28800}} = 5,62 \cong 5,6 \text{ m/s}^2$$

### 6.7.2.1 Interpretação do resultado obtido

Com base no critério de julgamento e na tomada de decisão apresentados no subitem 6.5.1, constata-se que o valor obtido de 5,6 m/s<sup>2</sup> encontra-se acima do *limite de exposição*, sendo recomendada a adoção imediata de medidas corretivas.

### 6.7.3 Terceiro exemplo

Neste terceiro exemplo, repete-se o primeiro exemplo apresentado no subitem 6.7.1, mas considerando que a operação de polimento, executada no período da tarde, é feita utilizando-se uma politriz rotopercussiva.

Da mesma forma que no primeiro exemplo, a alternativa adotada para a avaliação da exposição a vibrações foi considerar duas *componentes de exposição*, sendo uma correspondente à operação de desbaste de cada placa, com duração média de doze minutos, e a outra relativa à operação de polimento de cada placa, com duração média de vinte e sete minutos. O estudo da primeira *componente de exposição* foi feito utilizando-se acelerômetro triaxial. Valem os resultados obtidos no primeiro exemplo.

No entanto, no estudo da segunda *componente de exposição*, em função de envolver ferramenta rotopercussiva, as medições foram feitas por eixo, utilizando-se acelerômetro monoaxial conforme procedimento específico estabelecido no subitem 6.3.7. Foram feitas medições em cinco repetições da componente, selecionadas de forma aleatória, sendo que cada medição cobriu uma parcela do tempo total de duração de cada componente. O tempo de duração de cada parcela variou de quinze a vinte minutos e o resultado obtido em cada repetição mensurada foi considerado representativo da componente. Os valores de  $a_{m_{ijk}}$  obtidos estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** Valores de  $am_{2jk}$  relativos à segunda componente de exposição do terceiro exemplo

$am_{2xk}$	(m/s <sup>2</sup> )	$am_{2yk}$	(m/s <sup>2</sup> )	$am_{2zk}$	(m/s <sup>2</sup> )
$am_{2x1}$	2,2	$am_{2y1}$	2,9	$am_{2z1}$	2,6
$am_{2x2}$	2,0	$am_{2y2}$	2,7	$am_{2z2}$	2,4
$am_{2x3}$	2,1	$am_{2y3}$	2,8	$am_{2z3}$	2,6
$am_{2x4}$	2,4	$am_{2y4}$	3,1	$am_{2z4}$	2,7
$am_{2x5}$	1,8	$am_{2y5}$	2,5	$am_{2z5}$	2,2

$$amep_{ij} = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s am_{ijk} \quad [m / s^2]$$

$$amep_{2x} = \frac{1}{5}(2,2 + 2,0 + 2,1 + 2,4 + 1,8) = 2,1 \text{ m} / s^2$$

$$amep_{2y} = \frac{1}{5}(2,9 + 2,7 + 2,8 + 3,1 + 2,5) = 2,8 \text{ m} / s^2$$

$$amep_{2z} = \frac{1}{5}(2,6 + 2,4 + 2,6 + 2,7 + 2,2) = 2,5 \text{ m} / s^2$$

$$arep_i = \sqrt{amep_{ix}^2 + amep_{iy}^2 + amep_{iz}^2} \quad [m / s^2]$$

$$arep_2 = \sqrt{2,1^2 + 2,8^2 + 2,5^2} = 4,3 \text{ m} / s^2$$

$$arep_1 = 5,5 \text{ m} / s^2 \quad (\text{resultado obtido no desenvolvimento do primeiro exemplo})$$

Determinando-se a *aceleração resultante da exposição* (*are*), seguindo-se os procedimentos apresentados no subitem 6.4, temos:

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m/s^2]$$

$T$  = jornada diária = 9 horas = 540 minutos

$$are = \sqrt{\frac{1}{540} (18 \times 5,5^2 \times 12 + 9 \times 4,3^2 \times 27)} = 4,519 \text{ m/s}^2$$

A *aceleração resultante de exposição normalizada* (*aren*), conforme estabelecido no subitem 6.4, será:

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

$T_0$  = 8 horas = 480 minutos

$$aren = 4,519 \sqrt{\frac{540}{480}} = 4,793 \cong 4,8 \text{ m/s}^2$$

### 6.7.3.1 Interpretação do resultado obtido

Com base no critério de julgamento e na tomada de decisão apresentados no subitem 6.5.1, constata-se que o valor obtido de 4,8 m/s<sup>2</sup> encontra-se na região de incerteza, sendo recomendada a adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária.

Deve ser esclarecido que as três alternativas de avaliação apresentadas nos exemplos desenvolvidos tiveram o objetivo de mostrar diferentes formas de estratégia de amostragem e de medição visando ilustrar a metodologia proposta por esta norma. No entanto, isto não significa que as três são igualmente aplicáveis, podendo, inclusive, haver outras alternativas não abordadas nesses exemplos.



Na prática, conforme já descrito anteriormente nesta norma, o avaliador deve selecionar a forma de quantificação e avaliação da exposição que julgar mais conveniente ou de maior praticidade em função das condições de trabalho observadas. Deve também considerar o conhecimento reunido sobre a realidade ocupacional em estudo, que inclui, entre outros, as características do processo de trabalho, das ferramentas e dos acessórios utilizados, dos materiais trabalhados, das posturas e dos procedimentos do trabalhador, dos equipamentos e dos acessórios de medição disponíveis.

É importante ressaltar que a seleção do número de repetições de medição no procedimento de avaliação das *componentes de exposição* identificadas, bem como a duração do tempo de medição, integral ou parcial, na quantificação dos parâmetros  $am_{r_{ik}}$  ou  $am_{ijk}$ , em cada repetição da medição, dependem da análise e do julgamento do avaliador.

O avaliador deve sempre buscar a alternativa que, em sua convicção técnica, seja a que melhor represente as condições de exposição do trabalhador objeto de estudo.

## 7 Relatório

Recomenda-se que no relatório técnico sejam abordados, no mínimo, os aspectos apresentados a seguir de forma a possibilitar a compreensão, por leitor qualificado, do trabalho desenvolvido e a documentação dos aspectos da presente norma que foram utilizados no estudo.

- Introdução, incluindo objetivos do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações.
- Critério de avaliação adotado.
- Instrumental e acessórios utilizados, bem como registro dos certificados de calibração.
- Metodologia de avaliação com base nas premissas apresentadas no item 6.
- Descrição dos ambientes de trabalho, dos processos, das máquinas, dos equipamentos, das operações e das condições de exposição avaliadas.
- Descrição detalhada das características das ferramentas de trabalho, tais como: marca, tipo, modelo, potência, ano de fabricação e condições de manutenção, peso, tipo de punho e acessórios ou dispositivos complementares.

- Dados obtidos.
- Interpretação dos resultados.
- Informações complementares em decorrência de circunstâncias específicas que envolveram o estudo realizado.

## 8 Referências

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 15: atividades e operações insalubres: anexo nº 8: vibrações*. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF3E6F782F25/nr\\_15\\_anexo8.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF3E6F782F25/nr_15_anexo8.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2011.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. *NR 9: programa de prevenção de riscos ambientais*. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr\\_09\\_at.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 5349-1: mechanical vibration: measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration: part 1: general requirements*. Geneva, 2001.

\_\_\_\_\_. *ISO 5349-2: mechanical vibration: measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration: part 2: practical guidance for measurement at the workplace*. Geneva, 2001.

\_\_\_\_\_. *ISO 8041: human response to vibration: measuring instrumentation*. Geneva, 2005.

## 9 Bibliografia

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. *TLVs e BEIs: baseados na documentação dos limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs)*. Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO, 2010.

BRÜEL & KJÆR. *Piezoelectric accelerometers and vibration preamplifiers: theory and application handbook*. Nærum, 1978.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *Power tools database*. Disponível em: <<http://wwwn.cdc.gov/niosh-sound-vibration/Default.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *CEI IEC 61260*: Electroacoustics: octave-band and fractional-octave-band filters. Genève, 1995.

CUNHA, I. de A. da. *Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços em marmorarias no município de São Paulo*: proposição de procedimento alternativo de medição. 2006. 153 f. Tese (doutorado)– Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/teses\\_pdf/IrlonAngeloCunha.pdf](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/teses_pdf/IrlonAngeloCunha.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2008.

EUROPEAN COMMISSION. *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, 2002.

\_\_\_\_\_. *Non-binding guide to good practice with a view to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations)*. [S.l.], 2008.

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

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. *Vibration at work: whole body vibration and hand arm vibration*. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/vibration/index.htm>>. Acesso em: 30 maio 2011.

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO. *Banca dati vibrazioni mano braccio*. Disponível em: <[http://www.portaleagentifisici.it/fo\\_hav\\_list\\_macchinari.php?&lg=IT](http://www.portaleagentifisici.it/fo_hav_list_macchinari.php?&lg=IT)>. Acesso em: 17 ago. 2012.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.** *ISO 8041*: human response to vibration: measuring instrumentation. Geneva, 2007. Technical corrigendum 1.

UMEÅ UNIVERSITET. Department of Public Health and Clinical Medicine. Occupational and Environmental Medicine. *Vibration database*. Disponível em: <<http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=EN>>. Acesso em: 26 dez. 2010.

VIBRISKS. *Final technical report*: FP5 Project N° QLK4-2002-02650: January 2003 to December 2006. Disponível em: <<http://www.vibrisks.soton.ac.uk/reports/VIBRISKS%20Final%20Technical%20Report%20210907.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

---

### **Sobre o livro**

Composto em Times 11 (textos)  
em papel offset 90g/m<sup>2</sup> (miolo)  
e cartão supremo 250g/m<sup>2</sup> (capa)  
no formato 16x23 cm

Impressão: Gráfica da Fundacentro

1ª edição: 2013

Tiragem: 1.000

---

**MINISTÉRIO**  
DO TRABALHO E EMPREGO



**FUNDACENTRO**  
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO  
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Rua Capote Valente, 710  
São Paulo - SP  
05409-002  
tel.: 3066-6000

[www.fundacentro.gov.br](http://www.fundacentro.gov.br)