

Norma de Higiene Ocupacional

NHO 09

Avaliação da Exposição Ocupacional a
Vibrações de Corpo Inteiro

Prof. Dr. Paulo J. Paupitz Gonçalves
paulo.jpg@feb.unesp.br

Objetivos

Esta norma técnica tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (VCI) que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, entre os quais aqueles relacionados à coluna vertebral.

Aplicação

A norma aplica-se à exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro, em quaisquer situações de trabalho em que a vibração seja transmitida ao corpo, tanto na posição em pé, quanto na sentada.

Referências Normativas

ISO 2631-1 (1997) – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements.

ISO 2631-1 (1997) – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements.

Definições

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

am_j **Aceleração Média**

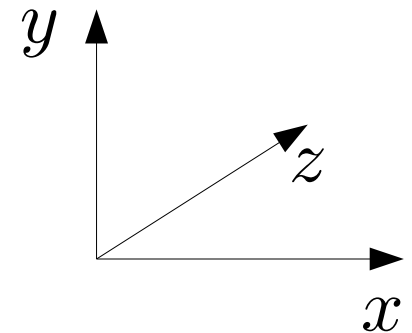
raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção j

Definições

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

$a_j(t)$ **Aceleração instantânea**

valor da aceleração ponderada em frequência, no instante de tempo t , expressa em m/s^2 , segundo um determinado eixo de direção j , sendo que j corresponde aos eixos ortogonais x , y ou z .



Definições

am_{ijk} **Aceleração Média** $[m/s^2]$

corresponde à aceleração média relativa à k-ésima 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 .

Definições

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

amr **Aceleração Média Resultante**

am_j aceleração média

f_j fator de multiplicação em função do eixo considerado
(f = 1,4 para *x* e *y* e f = 1,0 para o eixo *z*);

Definições

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

Aceleração resultante de exposição parcial ($arep_i$):
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 obtidas cada vez que a componente de exposição é repetida.

Definições

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

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.

Definições

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



Este parâmetro pode ser geralmente obtido de um medidor integrador utilizando um acelerômetro triaxial

Definições

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

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

Definições

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

$arep_i$	Aceleração resultante de exposição parcial
n_i	Número de repetições da componente de exposição “i” ao longo da jornada de trabalho
T_i	Tempo de exposição da componente de exposição “i”
m	Número de componentes de exposição de compõem a exposição diária
T	Tempo de duração da jornada diária de trabalho

Definições

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

amep **Aceleração Média de Exposição Parcial**

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.

Definições

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

Aceleração resultante de exposição normalizada (a_{ren}):
corresponde à aceleração resultante de exposição (a_{re})
convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas

a_{re} Aceleração resultante da exposição

T Tempo de duração da jornada diária de trabalho

T_0 8 horas ou 480 minutos

Definições

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

amep **Aceleração Média de Exposição Parcial**

am_{ijk} aceleração média relativa à k-ésima 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.

Definições

Componente de exposição: parte da exposição diária que pode ser representada por um único valor de 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.

Definições

Fator de crista (FC): módulo da razão entre o máximo valor de pico de $a_j(t)$ e o valor de am_j , ambas ponderadas em frequência.

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 deste grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que o compõem.

Definições

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 que possam resultar em dano à sua saúde.

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.

Definições

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

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

Definições

Valor da dose de vibração (VDV_j): corresponde ao valor obtido a partir do método de dose de vibração à quarta potência determinado na direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”, expresso em $m/s^{1,75}$ definido pela expressão que segue:

$$VDV_j = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt} \quad [m/s^{1,75}]$$

Definições

Valor da dose de vibração (VDV_{ji}): corresponde ao valor de dose de vibração, determinado na direção “j”, relativo às “s” amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{ijk})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

VDV_{jik} = valor de dose de vibração 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

Definições

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{ijk})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

VDV_{jik} valor de dose de vibração 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.

Definições

Valor da dose de vibração da exposição parcial

$(VDV_{exp_{ji}})$: corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”,

$$VDV_{exp_{ji}} = f_j \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

Definições

$$VDVexp_{ji} = f_j \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4}$$

VDV_{jik} valor de dose de vibração relativa à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”

T_{exp} tempo total de exposição à vibração, ao longo de toda a jornada de trabalho, decorrente da componente de exposição “i” em estudo. Corresponde ao número de repetições da componente vezes o seu tempo de duração;

Definições

$$VDVexp_{ji} = f_j \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4}$$

T_{amos} tempo total utilizado para a medição das “s” amostras representativas da componente de exposição “i”, em estudo:

$$T_{amos} = \sum_{k=1}^s T_k$$

T_k tempo de medição relativo à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

Definições

Valor da dose de vibração da exposição ($VDVexp_j$):

Corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária em cada eixo de medição

$$VDVexp_j = \left[\sum_{i=1}^m (VDVexp_{ji}) \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

$VDVexp_{ji}$ valor da dose de vibração da exposição representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

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

Definições

Valor da dose de vibração resultante ($VDVR$):

corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição

$$VDVR = \left[\sum_j (VDVexp_j)^2 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

$VDVexp_j$ valor da dose de vibração da exposição, representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.

Critério de avaliação da exposição ocupacional à vibração

O **nível de ação** para a exposição ocupacional diária à vibração de corpo inteiro adotado nesta norma corresponde a um valor da aceleração resultante de exposição normalizada

$$a_{ren} = 0,5m/s^2$$

e ao valor da dose de vibração resultante

$$VDVR = 9,1m/s^{1,75}$$

Critério de avaliação da exposição ocupacional à vibração

O **limite de exposição ocupacional diária** à vibração de corpo inteiro, adotado nesta norma corresponde a um valor da aceleração resultante

$$a_{ren} = 1,5m/s^2$$

e ao valor da dose de vibração resultante

$$VDVR = 21m/s^{1,75}$$

Critério de avaliação da exposição ocupacional à vibração

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 a exposição normalizada (a_{ren}) e o valor da dose de vibração resultante (VDVR). **Este último parâmetro adquire maior importância quando for constatada a ocorrência de choques ou solavancos significativos** na exposição do trabalhador sob estudo.

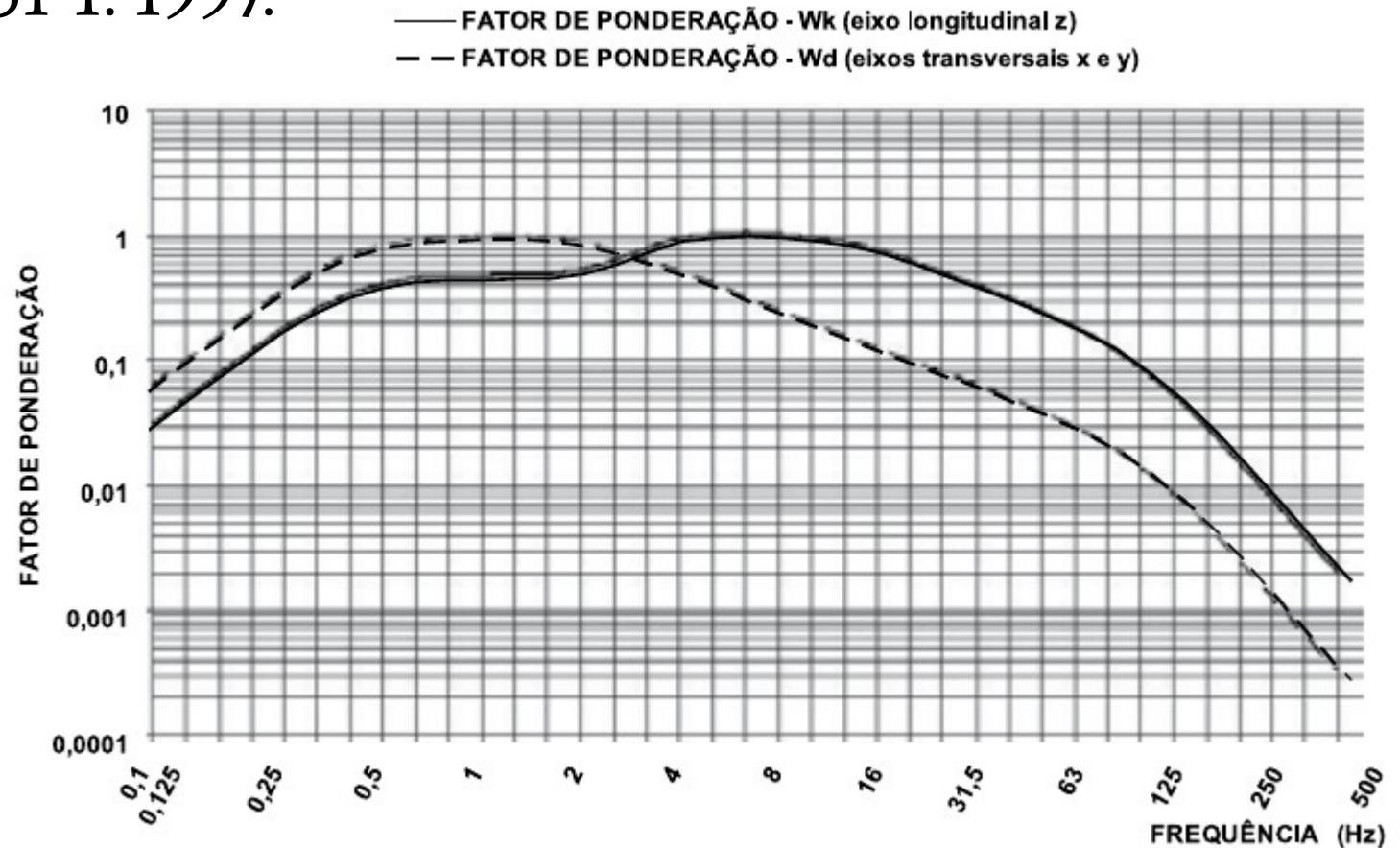
Parâmetros a serem utilizados na avaliação

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

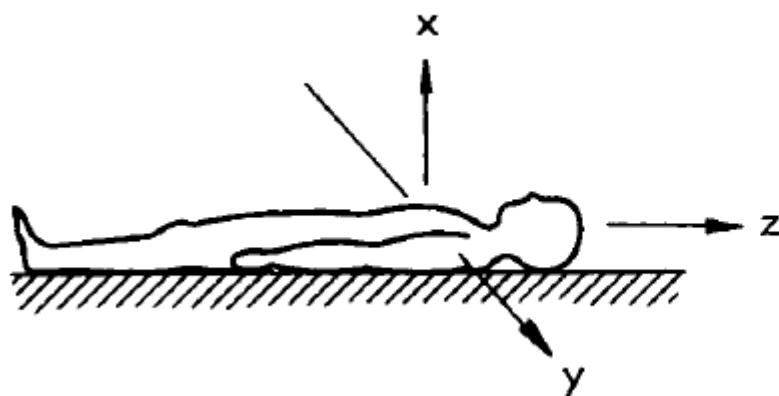
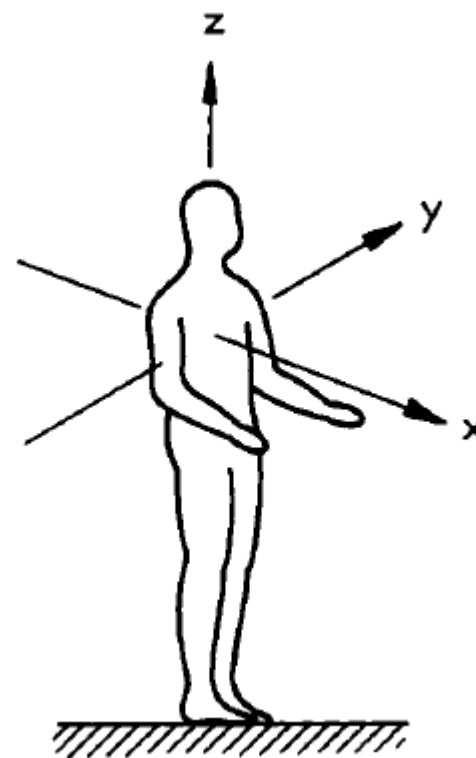
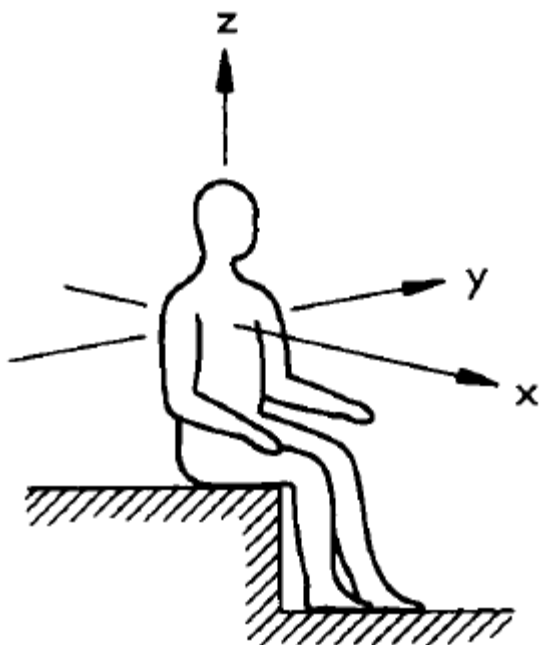
$$VDVR = \left[\sum_j (VDVexp_j)^2 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

Ponderação em Frequência

Todas as acelerações consideradas neste critério são ponderadas em frequência segundo as curvas de ponderação W_k para o eixo “z” e W_d para os eixos “x” e “y”, conforme estabelecido na norma ISO 2631-1: 1997.



Eixos de Medição



x axis - back-to-chest

y axis - right-to-left side

z axis - foot (or buttocks)
to-head

Procedimento de Avaliação

Abordagem dos locais e das condições de trabalho

Obter:

informações técnicas e administrativas relacionadas aos

- veículos
- máquinas
- equipamentos
- operações
- demais parâmetros (ambientais, de processos de trabalho etc.)

Procedimento de Avaliação

Avaliação deve ser representativa da exposição dos trabalhadores considerados no estudo.

Identificar grupos de exposição similar.

Não é necessário avaliar todos os trabalhadores.

Análise preliminar da exposição

objetivo de reunir elementos que permitam enquadrar as situações analisadas em três distintas possibilidades, quais sejam:

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

Convicção técnica

Convicção técnica → decorrência do conhecimento e da experiência profissional do avaliador

e será formada pela análise preliminar da exposição, levando em consideração os aspectos citados nas alíneas “a” até “h”

Convicção técnica

a) informações fornecidas por fabricantes de veículos, máquinas ou equipamentos sobre suas especificações técnicas, incluindo os níveis de vibração gerados durante as operações envolvidas na exposição;

b) estado de conservação de veículos, máquinas ou equipamentos utilizados quanto aos sistemas de amortecimento, assentos e demais dispositivos que possam interferir na exposição dos operadores ou motoristas. O nível de vibração gerado depende, entre outros fatores, das características e do estado de conservação desses dispositivos. Esses aspectos de vem ser considerados quando da utilização de dados relativos a operações e equipamentos similares;

Convicção técnica

- c) dados de medições de exposição ocupacional já existentes, eventualmente disponíveis;
- d) características da superfície de circulação;
- e) constatação de condições específicas de trabalho que possam contribuir para o agravamento das condições de exposição, como, por exemplo: atividades desenvolvidas em situações ou condições diversas das finalidades para as quais se destinam os veículos, as máquinas ou os equipamentos;
- f) estimativa de tempo efetivo da exposição diária;

Convicção técnica

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.

Convicção técnica

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

Convicção técnica

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

Convicção técnica

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) e do valor da dose de vibração resultante (VDVR) para quaisquer fins, **deve-se efetuar a avaliação quantitativa**.

Avaliação quantitativa da exposição

Utiliza-se sistemas de medição que permitam a determinação da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e do valor da dose de vibração resultante (VDVR)

Os sistemas de medição devem ser compostos basicamente de medidores integradores e de transdutores (incluindo acelerômetros de assento) do tipo triaxial.

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

Avaliação quantitativa da exposição

A exposição diária pode ser composta por:

- uma única 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.

Avaliação quantitativa da exposição

A 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.

Identificação das Componentes de Exposição

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:

- variedade de tipos e características:
- de veículos e máquinas,
- assentos e suspensões,
- tipos de pavimento,
- velocidades de condução,
- procedimentos e operações distintas,
- tempos de trabalho, pausas ao longo da exposição diária,
- modos de condução e modos operacionais distintos, inerentes a cada trabalhador, entre outros.

Sistema de Medição

Os medidores a serem utilizados na avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro devem ser integradores, atender aos requisitos constantes da **Norma ISO 8041 (2005)** ou de suas futuras revisões e complementações e estar ajustados de forma a atender aos seguintes parâmetros:

- circuitos de ponderação para corpo inteiro

W_k para o eixo “z”, **W_d** para os eixos “x” e “y”

- fator de multiplicação “**f_j**” em função do eixo considerado

f_x = 1,4, f_y = 1,4, f_z = 1,0

- medição em **rms**

Sistemas de Medição

A seleção do transdutor de vibrações (**acelerômetro**) deve ser feita considerando-se o tipo de montagem necessária para o devido posicionamento e fixação do transdutor e as **características do sinal a ser medido**, tais como: **frequências, amplitudes, ocorrência de picos elevados** (por exemplo: movimentação de veículos em pisos irregulares ou esburacados ou medições em plataformas vibrantes).

Para avaliação da exposição ocupacional a vibrações transmitidas por por **assentos**, devem ser utilizados **acelerômetros de assento construídos** especificamente para esta finalidade.

Calibração

Os equipamentos utilizados na regulagem 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.

Calibração

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.

Periodicidade 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.

Inerentes Ambientais

Na utilização de 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.

Exemplo

Um trabalhador cumpre diariamente uma jornada de 8h48 e
Executa três tipos de atividades



Exemplo

Nas 4h24 do período da manhã, ele opera uma pá carregadeira para realização de duas tarefas básicas, que são:

- Tarefa A: desloca o entulho do caminhão e carrega o britador;
- Tarefa B: remove o material britado e forma pilhas no pátio.

Nas 4h24 do período da tarde, ele opera o britador (Tarefa C), em pé, posicionado sobre uma plataforma acoplada a ele.

Exemplo

Normalmente é executada uma série composta pela repetição de **oito vezes a Tarefa A**, sendo que o tempo médio de duração de cada uma é de **cinco minutos**.

Na sequência, o operador **permanece parado por um tempo médio de seis minutos** com a pá carregadeira desligada e, em seguida, executa uma série composta pela repetição de **seis vezes a Tarefa B**, sendo que o tempo médio de duração de cada uma é de **sete minutos**.

Desta forma, no período da manhã, o operador **repete três vezes** o ciclo composto por uma **série de Tarefas A**, **mais seis minutos de parada**, mais **uma série de Tarefas B**.

Exemplo

Tarefa C, Nesta atividade, o operador permanece na plataforma por **quarenta e seis minutos**, condição na qual fica exposto à vibração (em pé).

Em seguida, fora da plataforma, **durante vinte minutos**, realiza outras tarefas **sem contato com o agente**. Desta forma, no período da tarde, o operador **repete quatro vezes o ciclo** de sessenta e seis minutos composto pelas tarefas executadas sobre a plataforma e fora dela.

Exemplo

Primeira alternativa

Considerar 3 componentes de exposição

Tarefa A – duração média de 5 minutos

Tarefa B – duração média de 7 minutos

Tarefa C – duração média de 46 minutos

Exemplo

Medições da Tarefa A – (executou-se 24 vezes a tarefa e foram tomadas 14 medições de forma aleatória)

Tabela 1 Valores de amr_{ik} relativos à primeira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{ik}	m/s^2	amr_{ik}	m/s^2
amr_{11}	0,88	amr_{18}	0,95
amr_{12}	0,92	amr_{19}	0,90
amr_{13}	1,10	amr_{110}	0,78
amr_{14}	0,93	amr_{111}	0,83
amr_{15}	0,83	amr_{112}	0,88
amr_{16}	0,91	amr_{113}	1,05
amr_{17}	1,00	amr_{114}	0,98

Exemplo

Tabela 1 Valores de amr_{ik} relativos à primeira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{1k}	m/s^2	amr_{1k}	m/s^2
amr_{11}	0,88	amr_{18}	0,95
amr_{12}	0,92	amr_{19}	0,90
amr_{13}	1,10	amr_{110}	0,78
amr_{14}	0,93	amr_{111}	0,83
amr_{15}	0,83	amr_{112}	0,88
amr_{16}	0,91	amr_{113}	1,05
amr_{17}	1,00	amr_{114}	0,98

$$\longrightarrow \mathit{arep}_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik}$$

$$\mathit{arep}_1 = \frac{1}{14} \left(\begin{array}{l} 0,88 + 0,92 + 1,10 + 0,93 + 0,83 + 0,91 + 1,00 + \\ 0,95 + 0,90 + 0,78 + 0,83 + 0,88 + 1,05 + 0,98 \end{array} \right) = 0,92 \text{ m/s}^2$$

Exemplo

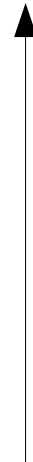
Tabela 2 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	4,0	VD_{Vy11}	3,0	VDV_{z11}	2,6	T_1	5
VDV_{x12}	4,5	VD_{Vy12}	3,4	VDV_{z12}	2,8	T_2	5
VDV_{x13}	6,2	VD_{Vy13}	5,3	VDV_{z13}	4,2	T_3	5
VDV_{x14}	4,9	VD_{Vy14}	3,9	VDV_{z14}	3,3	T_4	5
VDV_{x15}	3,8	VD_{Vy15}	2,8	VDV_{z15}	2,4	T_5	5
VDV_{x16}	4,7	VD_{Vy16}	3,8	VDV_{z16}	3,1	T_6	5
VDV_{x17}	5,2	VD_{Vy17}	4,1	VDV_{z17}	3,5	T_7	5
VDV_{x18}	4,8	VD_{Vy18}	3,7	VDV_{z18}	3,0	T_8	5



Exemplo

VDV_{x19}	4,9	VD_{Vy19}	3,9	VDV_{z19}	3,3	T_9	5
VDV_{x110}	3,6	VD_{Vy110}	2,4	VDV_{z110}	2,3	T_{10}	5
VDV_{x111}	3,7	VD_{Vy111}	2,6	VDV_{z111}	2,2	T_{11}	5
VDV_{x112}	4,2	VD_{Vy112}	3,3	VDV_{z112}	2,9	T_{12}	5
VDV_{x113}	5,8	VD_{Vy113}	4,7	VDV_{z113}	4,1	T_{13}	5
VDV_{x114}	5,1	VD_{Vy114}	4,1	VDV_{z114}	3,2	T_{14}	5



Exemplo

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{ijk})^4 \right]^{1/4}$$

$$VDVexp_{ji} = f_j \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4}$$

$$T_{amos} = \sum_{k=1}^s T_k$$

T_{exp} número de repetições da componente
vezes o tempo de sua duração

Exemplo

Tabela 2 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	4,0	VD_{Vy11}	3,0	VDV_{z11}	2,6	T_1	5
VDV_{x12}	4,5	VD_{Vy12}	3,4	VDV_{z12}	2,8	T_2	5
VDV_{x13}	6,2	VD_{Vy13}	5,3	VDV_{z13}	4,2	T_3	5
VDV_{x14}	4,9	VD_{Vy14}	3,9	VDV_{z14}	3,3	T_4	5
VDV_{x15}	3,8	VD_{Vy15}	2,8	VDV_{z15}	2,4	T_5	5
VDV_{x16}	4,7	VD_{Vy16}	3,8	VDV_{z16}	3,1	T_6	5
VDV_{x17}	5,2	VD_{Vy17}	4,1	VDV_{z17}	3,5	T_7	5
VDV_{x18}	4,8	VD_{Vy18}	3,7	VDV_{z18}	3,0	T_8	5



$$VDV_{x1} = \left(\frac{4,0^4 + 4,5^4 + 6,2^4 + 4,9^4 + 3,8^4 + 4,7^4 + 5,2^4 + 4,8^4 + 4,9^4 + 3,6^4 + 3,7^4 + 4,2^4 + 5,8^4 + 5,1^4}{14} \right)^{1/4} \cong 9,38 \text{ m / s}^{1,75}$$

Exemplo

$$VDV_{x1} = \left(\frac{4,0^4 + 4,5^4 + 6,2^4 + 4,9^4 + 3,8^4 + 4,7^4 + 5,2^4 + 4,8^4 + 4,9^4 + 3,6^4 + 3,7^4 + 4,2^4 + 5,8^4 + 5,1^4}{14} \right)^{1/4} \cong 9,38 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$T_{amos} = 14 \times 5 = 70 \quad \text{e} \quad T_{exp} = 24 \times 5 = 120$$

$$VDV_{exp_{ji}} = f_j \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4}$$

$$VDV_{exp_{x1}} = 1,4 \times 9,38 \times \left(\frac{120}{70} \right)^{1/4} \cong 15,02 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Tabela 2 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	4,0	VD_{Vy11}	3,0	VDV_{z11}	2,6	T_1	5
VDV_{x12}	4,5	VD_{Vy12}	3,4	VDV_{z12}	2,8	T_2	5
VDV_{x13}	6,2	VD_{Vy13}	5,3	VDV_{z13}	4,2	T_3	5
VDV_{x14}	4,9	VD_{Vy14}	3,9	VDV_{z14}	3,3	T_4	5
VDV_{x15}	3,8	VD_{Vy15}	2,8	VDV_{z15}	2,4	T_5	5
VDV_{x16}	4,7	VD_{Vy16}	3,8	VDV_{z16}	3,1	T_6	5
VDV_{x17}	5,2	VD_{Vy17}	4,1	VDV_{z17}	3,5	T_7	5
VDV_{x18}	4,8	VD_{Vy18}	3,7	VDV_{z18}	3,0	T_8	5



$$VDV_{y1} = \left(\begin{matrix} 3,0^4 + 3,4^4 + 5,3^4 + 3,9^4 + 2,8^4 + 3,8^4 + 4,1^4 + \\ 3,7^4 + 3,9^4 + 2,4^4 + 2,6^4 + 3,3^4 + 4,7^4 + 4,1^4 \end{matrix} \right)^{1/4} \cong 7,51 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Tabela 2 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	4,0	VD_{Vy11}	3,0	VDV_{z11}	2,6	T_1	5
VDV_{x12}	4,5	VD_{Vy12}	3,4	VDV_{z12}	2,8	T_2	5
VDV_{x13}	6,2	VD_{Vy13}	5,3	VDV_{z13}	4,2	T_3	5
VDV_{x14}	4,9	VD_{Vy14}	3,9	VDV_{z14}	3,3	T_4	5
VDV_{x15}	3,8	VD_{Vy15}	2,8	VDV_{z15}	2,4	T_5	5
VDV_{x16}	4,7	VD_{Vy16}	3,8	VDV_{z16}	3,1	T_6	5
VDV_{x17}	5,2	VD_{Vy17}	4,1	VDV_{z17}	3,5	T_7	5
VDV_{x18}	4,8	VD_{Vy18}	3,7	VDV_{z18}	3,0	T_8	5



$$VDV_{z1} = \left(\begin{matrix} 2,6^4 + 2,8^4 + 4,2^4 + 3,3^4 + 2,4^4 + 3,1^4 + 3,5^4 + \\ 3,0^4 + 3,3^4 + 2,3^4 + 2,2^4 + 2,9^4 + 4,1^4 + 3,2^4 \end{matrix} \right)^{1/4} \cong 6,25 \text{ m/s'}$$

Exemplo

Medições da Tarefa B – (executou-se 18 vezes a tarefa e foram tomadas 11 medições de forma aleatória)

Tabela 3 Valores de amr_{ik} relativos à segunda componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2
amr_{21}	0,97	amr_{27}	0,99
amr_{22}	0,95	amr_{28}	1,20
amr_{23}	1,10	amr_{29}	0,98
amr_{24}	0,96	amr_{210}	1,05
amr_{25}	0,94	amr_{211}	0,97
amr_{26}	1,00		

Exemplo

Tabela 3 Valores de amr_{ik} relativos à segunda componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2
amr_{21}	0,97	amr_{27}	0,99
amr_{22}	0,95	amr_{28}	1,20
amr_{23}	1,10	amr_{29}	0,98
amr_{24}	0,96	amr_{210}	1,05
amr_{25}	0,94	amr_{211}	0,97
amr_{26}	1,00		

$$\longrightarrow arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik}$$

$$arep_2 = \frac{1}{11} \left(\begin{array}{l} 0,97 + 0,95 + 1,10 + 0,96 + 0,94 + 1,00 + \\ 0,99 + 1,20 + 0,98 + 1,05 + 0,97 \end{array} \right) = 1,01 \, m / s^2$$

Exemplo

Tabela 4 Valores de VDV_{jik} relativos à segunda componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x2k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y2k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z2k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x21}	3,6	VDV_{y21}	2,9	VDV_{z21}	3,0	T_1	7
VDV_{x22}	3,9	VDV_{y22}	3,4	VDV_{z22}	2,5	T_2	7
VDV_{x23}	4,5	VDV_{y23}	4,0	VDV_{z23}	2,8	T_3	7
VDV_{x24}	4,3	VDV_{y24}	3,5	VDV_{z24}	2,8	T_4	7
VDV_{x25}	3,6	VDV_{y25}	3,0	VDV_{z25}	2,2	T_5	7
VDV_{x26}	3,7	VDV_{y26}	3,1	VDV_{z26}	2,0	T_6	7
VDV_{x27}	3,6	VDV_{y27}	2,9	VDV_{z27}	1,9	T_7	7
VDV_{x28}	4,3	VDV_{y28}	3,6	VDV_{z28}	2,1	T_8	7
VDV_{x29}	3,8	VDV_{y29}	4,3	VDV_{z29}	2,0	T_9	7
VDV_{x210}	4,1	VDV_{y210}	3,2	VDV_{z210}	1,9	T_{10}	7
VDV_{x211}	4,2	VDV_{y211}	3,4	VDV_{z211}	2,3	T_{11}	7

Exemplo

$$T_{amos} = 11 \times 7 = 77 \quad \text{e} \quad T_{exp} = 18 \times 7 = 126$$

$$VDV_{x2} = \left(\frac{3,6^4 + 3,9^4 + 4,5^4 + 4,3^4 + 3,6^4 + 3,7^4 + 3,6^4 + 4,3^4 + 3,8^4 + 4,1^4 + 4,2^4}{3,6^4 + 4,3^4 + 3,8^4 + 4,1^4 + 4,2^4} \right)^{1/4} \cong 7,29 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{y2} = \left(\frac{2,9^4 + 3,4^4 + 4,0^4 + 3,5^4 + 3,0^4 + 3,1^4 + 2,9^4 + 3,6^4 + 4,3^4 + 3,2^4 + 3,4^4}{2,9^4 + 3,6^4 + 4,3^4 + 3,2^4 + 3,4^4} \right)^{1/4} \cong 6,33 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{z2} = \left(\frac{3,0^4 + 2,5^4 + 2,8^4 + 2,8^4 + 2,2^4 + 2,0^4 + 1,9^4 + 2,1^4 + 2,0^4 + 1,9^4 + 2,3^4}{1,9^4 + 2,1^4 + 2,0^4 + 1,9^4 + 2,3^4} \right)^{1/4} \cong 4,39 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

$$VDV \exp_{x_2} = 1,4 \times 7,29 \times \left(\frac{126}{77} \right)^{1/4} \cong 11,54 \text{ m / s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_{y_2} = 1,4 \times 6,33 \times \left(\frac{126}{77} \right)^{1/4} \cong 10,02 \text{ m / s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_{z_2} = 1,0 \times 4,39 \times \left(\frac{126}{77} \right)^{1/4} \cong 4,97 \text{ m / s}^{1,75}$$

Exemplo

Medições da Tarefa C – (executou-se medidas em todas as repetições (4 no total). Cada medição cobriu um parcela do tempo da atividade, variando de 20 à 25 minutos)

Tabela 5 Valores de amr_{ik} relativos à terceira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{3k}	m/s^2	amr_{3k}	m/s^2
amr_{31}	1,25	amr_{33}	1,13
amr_{32}	1,05	amr_{34}	1,18

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

$$arep_3 = \frac{1}{4} (1,25 + 1,05 + 1,13 + 1,18) = 1,15 \, m / s^2$$

Exemplo

Nesta segunda alternativa, o estudo da terceira componente de exposição, que corresponde à execução da Tarefa C no período da tarde, utilizou a mesma forma de medição adotada na primeira alternativa, sendo que os resultados obtidos foram:

Exemplo

Tabela 6 Valores de VDV_{jik} relativos à terceira componente de exposição da primeira alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x3k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y3k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z3k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x31}	2,3	VDV_{y31}	1,9	VDV_{z31}	1,6	T_1	23
VDV_{x32}	2,1	VDV_{y32}	1,7	VDV_{z32}	1,5	T_2	25
VDV_{x33}	2,0	VDV_{y33}	1,8	VDV_{z33}	1,8	T_3	20
VDV_{x34}	2,4	VDV_{y34}	2,2	VDV_{z34}	2,0	T_4	22

$$T_{amos} = 23 + 25 + 20 + 22 = 90 \quad \text{e} \quad T_{exp} = 4 \times 46 = 184$$

Exemplo

$$VDV_{x3} = \left(2,3^4 + 2,1^4 + 2,0^4 + 2,4^4 \right)^{1/4} \cong 3,14 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

$$VDV_{y3} = \left(1,9^4 + 1,7^4 + 1,8^4 + 2,2^4 \right)^{1/4} \cong 2,73 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

$$VDV_{z3} = \left(1,6^4 + 1,5^4 + 1,8^4 + 2,0^4 \right)^{1/4} \cong 2,48 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

Exemplo

$$VDV \exp_{x3} = 1,4 \times 3,14 \times \left(\frac{184}{90} \right)^{1/4} \cong 5,25 \text{ m / s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_{y3} = 1,4 \times 2,73 \times \left(\frac{184}{90} \right)^{1/4} \cong 4,57 \text{ m / s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_{z3} = 1,0 \times 2,48 \times \left(\frac{184}{90} \right)^{1/4} \cong 2,97 \text{ m / s}^{1,75}$$

Exemplo

A determinação da aceleração resultante de exposição (are) e da aceleração resultante de exposição normalizada ($aren$)

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

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

Exemplo

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i}$$

$$are = \sqrt{\frac{1}{528} (24 \times 0,92^2 \times 5 + 18 \times 1,01^2 \times 7 + 4 \times 1,15^2 \times 46)} = 0,947 \text{ m} / \text{s}^2$$



Jornada de Trabalho

$$aren = 0,947 \sqrt{\frac{528}{480}} = 0,993 \cong 1,0 \text{ m} / \text{s}^2$$

Exemplo

determinação do valor da dose de vibração da exposição (VDV_{expj}) e do valor da dose de vibração resultante ($VDVR$)

$$VDV_{expj} = \left[\sum_{i=1}^m (VDV_{expji}) \right]^{1/4}$$

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV_{expj})^2 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

Exemplo

$$VDV exp_x = \left(15,02^4 + 11,53^4 + 5,25^4\right)^{1/4} \cong 16,23 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV exp_y = \left(12,03^4 + 10,02^4 + 4,57^4\right)^{1/4} \cong 13,32 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV exp_z = \left(7,14^4 + 4,97^4 + 2,97^4\right)^{1/4} \cong 7,57 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDVR = \left(16,23^4 + 13,32^4 + 7,57^4\right)^{1/4} \cong 17,96 \cong 18,0 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Segunda Alternativa

Considerar 3 componentes de exposição

Tarefa A – duração média de 5 minutos

Tarefa B – duração média de 7 minutos

Tarefa C – duração média de 46 minutos

Exemplo

Tarefa A, foram realizadas 3 medições:

Primeiro Ciclo, cobriu-se 6 de 8 repetições

Segundo Ciclo, cobriu-se 4 de 8 repetições

Terceiro Ciclo, cobriu-se 4 de 8 repetições

Tabela 7 Valores de amr_{ik} relativos à primeira componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{1k}	m/s^2	amr_{1k}	m/s^2	amr_{1k}	m/s^2
amr_{11}	0,91	amr_{12}	0,95	amr_{13}	0,93

Exemplo

Tabela 7 Valores de amr_{ik} relativos à primeira componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{1k}	m/s^2	amr_{1k}	m/s^2	amr_{1k}	m/s^2
amr_{11}	0,91	amr_{12}	0,95	amr_{13}	0,93

$$\text{arep}_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s \text{amr}_{ik} \quad [m / s^2]$$

$$\text{arep}_1 = \frac{1}{3} (0,91 + 0,95 + 0,93) = 0,93 \text{ m/s}^2$$

Exemplo

Tabela 8 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	7,65	VDV_{y11}	6,23	VDV_{z11}	5,07	T_1	30
VDV_{x12}	6,69	VDV_{y12}	5,21	VDV_{z12}	4,41	T_2	20
VDV_{x13}	6,93	VDV_{y13}	5,53	VDV_{z13}	4,68	T_3	20

$$T_{amos} = 30 + 20 + 20 = 70 \quad \text{e} \quad T_{exp} = 3 \times 40 = 120$$

Exemplo

Tabela 8 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	7,65	VDV_{y11}	6,23	VDV_{z11}	5,07	T_1	30
VDV_{x12}	6,69	VDV_{y12}	5,21	VDV_{z12}	4,41	T_2	20
VDV_{x13}	6,93	VDV_{y13}	5,53	VDV_{z13}	4,68	T_3	20

$$VDV_{x1} = \left(7,65^4 + 6,69^4 + 6,93^4 \right)^{1/4} \cong 9,38 \text{ m} / s^{1,75}$$

$$VDV_{exp_{x1}} = 1,4 \times 9,38 \times \left(\frac{120}{70} \right)^{1/4} \cong 15,02 \text{ m} / s^{1,75}$$

Exemplo

Tabela 8 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	7,65	VDV_{y11}	6,23	VDV_{z11}	5,07	T_1	30
VDV_{x12}	6,69	VDV_{y12}	5,21	VDV_{z12}	4,41	T_2	20
VDV_{x13}	6,93	VDV_{y13}	5,53	VDV_{z13}	4,68	T_3	20

$$VDV_{y1} = \left(6,23^4 + 5,21^4 + 5,53^4 \right)^{1/4} \cong 7,51 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{exp_{y1}} = 1,4 \times 7,51 \times \left(\frac{120}{70} \right)^{1/4} \cong 12,03 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Tabela 8 Valores de VDV_{jik} relativos à primeira componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y1k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z1k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x11}	7,65	VDV_{y11}	6,23	VDV_{z11}	5,07	T_1	30
VDV_{x12}	6,69	VDV_{y12}	5,21	VDV_{z12}	4,41	T_2	20
VDV_{x13}	6,93	VDV_{y13}	5,53	VDV_{z13}	4,68	T_3	20

$$VDV_{z1} = \left(5,07^4 + 4,41^4 + 4,68^4 \right)^{1/4} \cong 6,24 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_{z1} = 1,0 \times 6,24 \times \left(\frac{120}{70} \right)^{1/4} \cong 7,14 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Tarefa B, foram realizadas 3 medições:

Primeiro Ciclo, cobriu-se 4 de 6 repetições

Segundo Ciclo, cobriu-se 4 de 6 repetições

Terceiro Ciclo, cobriu-se 3 de 6 repetições

Tabela 9 Valores de amr_{ik} relativos à segunda componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2
amr_{21}	1,03	amr_{22}	1,06	amr_{23}	1,04

Exemplo

Tabela 9 Valores de amr_{ik} relativos à segunda componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2
amr_{21}	1,03	amr_{22}	1,06	amr_{23}	1,04

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

$$arep_2 = \frac{1}{3}(1,03 + 1,06 + 1,04) = 1,04 \text{ m} / s^2$$

Exemplo

Tabela 9 Valores de amr_{ik} relativos à segunda componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2	amr_{2k}	m/s^2
amr_{21}	1,03	amr_{22}	1,06	amr_{23}	1,04

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

$$arep_2 = \frac{1}{3}(1,03 + 1,06 + 1,04) = 1,04 \text{ m} / s^2$$

Exemplo

Tabela 10 Valores de VDV_{jik} relativos à segunda componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x2k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y2k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z2k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x21}	5,82	VDV_{y21}	4,97	VDV_{z21}	3,95	T_1	28
VDV_{x22}	5,42	VDV_{y22}	4,51	VDV_{z22}	2,91	T_2	28
VDV_{x23}	5,32	VDV_{y23}	4,91	VDV_{z23}	2,75	T_3	21

$$T_{amos} = 28 + 28 + 21 = 77 \quad e \quad T_{exp} = 3 \times 42 = 126$$

Exemplo

Tabela 10 Valores de VDV_{jik} relativos à segunda componente de exposição da segunda alternativa de avaliação do exemplo de aplicação

VDV_{x2k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{y2k}	$m/s^{1,75}$	VDV_{z2k}	$m/s^{1,75}$	T_k	min
VDV_{x21}	5,82	VDV_{y21}	4,97	VDV_{z21}	3,95	T_1	28
VDV_{x22}	5,42	VDV_{y22}	4,51	VDV_{z22}	2,91	T_2	28
VDV_{x23}	5,32	VDV_{y23}	4,91	VDV_{z23}	2,75	T_3	21

$$VDV exp_{x_2} = 1,4 \times 7,28 \times \left(\frac{126}{77} \right)^{1/4} \cong 11,53 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV exp_{y_2} = 1,4 \times 6,33 \times \left(\frac{126}{77} \right)^{1/4} \cong 10,02 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV exp_{z_2} = 1,0 \times 4,39 \times \left(\frac{126}{77} \right)^{1/4} \cong 4,97 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Nesta segunda alternativa, o estudo da terceira componente de exposição, que corresponde à execução da Tarefa C no período da tarde, utilizou a mesma forma de medição adotada na primeira alternativa, sendo que os resultados obtidos foram:

$$arep_3 \cong 1,15 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$VDV exp_{x3} \cong 5,25 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

$$VDV exp_{y3} \cong 4,57 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

$$VDV exp_{z3} \cong 2,97 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

Exemplo

A determinação da aceleração resultante de exposição (are) e da aceleração resultante de exposição normalizada ($aren$)

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

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

Exemplo

$$are = \sqrt{\frac{1}{528} (24 \times 0,93^2 \times 5 + 18 \times 1,04^2 \times 7 + 4 \times 1,15^2 \times 46)} = 0,957 \text{ m/s}^2$$

$$aren = 0,957 \sqrt{\frac{528}{480}} = 1,004 \cong 1,0 \text{ m/s}^2$$

Exemplo

determinação do valor da dose de vibração da exposição (VDV_{expj}) e do valor da dose de vibração resultante ($VDVR$)

$$VDV_{expj} = \left[\sum_{i=1}^m (VDV_{expji}) \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV_{expj})^2 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

Exemplo

$$VDV exp_x = \left(15,02^4 + 11,53^4 + 5,25^4\right)^{1/4} \cong 16,23 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV exp_y = \left(12,02^4 + 10,02^4 + 4,57^4\right)^{1/4} \cong 13,31 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV exp_z = \left(7,15^4 + 4,97^4 + 2,97^4\right)^{1/4} \cong 7,58 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDVR = \left(16,23^4 + 13,31^4 + 7,58^4\right)^{1/4} \cong 17,96 \cong 18,0 \text{ m/s}^{1,75}$$

Exemplo

Terceira Alternativa

Considerar 2 componentes de exposição

Tarefa A e B (Tarefa AB)

Tarefa C

Exemplo

Tarefa AB

É constituída pela sequência composta pela série de tarefa A, mais o intervalo de tempo, mais a série de tarefa B, com duração média de oitenta e oito minutos.

Nesta terceira alternativa, no estudo da primeira componente de exposição “AB”, a integração do sinal foi mantida de forma continuada, cobrindo integralmente as três repetições desta componente que ocorrem no período da manhã. Nesta medição, o valor obtido foi:

$$amr_1 = 0,92 \text{ m} / \text{s}^2 \quad (\text{que, neste caso, já corresponde ao } arep_1)$$

Exemplo

$$VDV_{xI} = 11,56 \text{ m/s}^{1,75} \quad (\text{portanto } VDV\text{exp}_{xI} = 1,4 \times 11,56 \times (264/264)^{1/4} = 16,18 \text{ m/s}^2)$$

$$VDV_{yI} = 9,48 \text{ m/s}^{1,75} \quad (\text{portanto } VDV\text{exp}_{yI} = 1,4 \times 9,48 \times (264/264)^{1/4} = 13,27 \text{ m/s}^2)$$

$$VDV_{zI} = 7,53 \text{ m/s}^{1,75} \quad (\text{portanto } VDV\text{exp}_{yI} = 1 \times 7,53 \times (264/264)^{1/4} = 7,53 \text{ m/s}^2)$$

Exemplo

Nesta terceira alternativa, o estudo da segunda componente de exposição, que corresponde à execução da tarefa C no período da tarde, também utilizou a mesma forma de medição adotada na primeira e na segunda alternativas, sendo que o resultado obtido foi:

$$arep_2 = 1,15 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$VDV exp_{x2} \cong 5,25 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

$$VDV exp_{y2} \cong 4,57 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

$$VDV exp_{z2} \cong 2,97 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$$

Exemplo

$$are = \sqrt{\frac{1}{528} (3 \times 0,92^2 \times 88 + 4 \times 1,15^2 \times 46)} = 0,940 \text{ m/s}^2$$

$$aren = 0,940 \sqrt{\frac{528}{480}} = 0,986 \cong 1,0 \text{ m/s}^2$$

Exemplo

$$VDV \exp_x = \left(16,18^4 + 5,25^4\right)^{1/4} \cong 16,23 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_y = \left(13,27^4 + 4,57^4\right)^{1/4} \cong 13,32 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV \exp_z = \left(7,53^4 + 2,97^4\right)^{1/4} \cong 7,57 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDVR = \left(16,23^4 + 13,32^4 + 7,57^4\right)^{1/4} \cong 17,96 \cong 18,0 \text{ m/s}^{1,75}$$

Interpretação dos Resultados

Nas três alternativas de análise foram encontrados

$$aren = 1,0 \quad [m/s^2]$$

$$VDVR = 18,0 \quad [m/s^{1,75}]$$

Critério de Julgamento

Quadro 1 Critério de julgamento e tomada de decisão

<i>aren</i> (m/s^2)	<i>VDVR</i> ($m/s^{1,75}$)	<i>Consideração</i> <i>técnica</i>	<i>Atuação</i> <i>recomendada</i>
0 a 0,5	0 a 9,1	aceitável	No mínimo manutenção da condição existente.
> 0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	acima do nível de ação	No mínimo adoção de medidas preventivas.
0,9 a 1,1	16,4 a 21	região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária.
acima de 1,1	acima de 21	acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas.

Relatório

- Introdução, incluindo objetivos do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações;
- Critério de avaliação adotado;
- Instrumental e acessórios utilizados e registro dos certificados de calibração;
- Metodologia de avaliação

Relatório

- Descrição dos ambientes de trabalho, dos processos, das operações e das condições de exposição avaliadas;
- Descrição detalhada das características das máquinas ou dos veículos de trabalho, tais como: marca, tipo, modelo, potência, ano de fabricação e condições de manutenção;
- Dados obtidos;
- Interpretação dos resultados;
- Informações complementares em decorrência de circunstâncias específicas que envolveram o estudo realizado.