	AVALIAÇÃO AMBIENTAL	Nº: REL-VCH-01-06-XXX	Data:07/07/06
	Ciente:	3R Brasil Tecnologia Ambiental Ltda	Folha: 1 de 9
	Projeto:	Exposição Humana a Vibrações no Trabalho	Edição: 1
	Assunto:	Avaliação de Vibração no Corpo Humano	Revisão: 0
Capítulo: I		ESCOPO DE FORNECIMENTO	Local: XX - RJ

1. OBJETIVO

Medição da exposição a vibrações no corpo humano com emissão de relatório de avaliação da exposição dos colaboradores da empresa, conforme Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) identificado como pior caso para a situação encontrada. Serão seguidas as recomendações e limites das Normas ISO 2631 para o caso de corpo inteiro e recomendações da ISO 5349 com os limites da ACGIH para vibrações localizadas em mãos e braços.

O critério de avaliação será o mais conservativo, isto é, levará em consideração a curva base de ponderação da vibração no corpo humano na direção mais crítica relacionada à atividade do colaborador.

2. LOCALIZAÇÃO

Razão Social: 3R Brasil Tecnologia Ambiental LTDA.

Endereço: Marlo da Costa, 135 – Barra da Tijuca

Cidade: Rio de Janeiro – RJ.

Atividade Principal: Serviços Especializados de Avaliação Ambiental.

Data da realização das Medições: 02 Maio de 2006 às 20:51:02

3. METODOLOGIA

Inicialmente deve-se realizar um procedimento de verificação com calibrador manual do sistema de medição composto por um acelerômetro PCB do tipo ICP, um pré-amplificado e um analisador RTA modelo 2800 da Larson Davis. Utilizou-se para isso de um “mini-shaker” da PCB modelo 394M23 que emite uma aceleração de 9,84 m/s² rms na frequência de 79,6 Hz segundo certificado de calibração n° DIMCI 1141/2003 emitido pelo INMETRO em 18//08/2003.

As medições são realizadas em escala logarítmica para posteriormente serem convertidas em m/s² rms utilizando o calibrador manual como referência.

Deve-se realizar medidas em 1/3 de oitava nas direções recomendadas pela norma ISO 2631 (corpo inteiro) e ISO 5349 (mãos e braços). A média da aceleração no tempo é chamada de “Leq” (média ponderada no tempo).

Para corpo inteiro ISO 2631 o nível medido é convertido para um nível de aceleração ponderado (a_w) e calculado o nível global correspondente para a comparação com os níveis de exposição permitidos. Para mãos e braços a norma ISO 5349 não estabelece critério limite em função do tempo de exposição na atividade. Portanto, deve-se utilizar os limites estabelecidos pela ACGIH como recomendado pela Norma Regulamentadora NR 15 anexo 8; para casos específicos.

4. PREMISSAS TÉCNICAS

O corpo humano reage às vibrações de maneiras diversas dependendo da região do corpo atingida. No caso de vibração no corpo inteiro a sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral) é diferente da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax). Dentro de cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência (“resposta em frequência do corpo”), isto é, para uma determinada frequência, a aceleração tolerável (em m/s^2) é diferente da aceleração tolerável em outras frequências. O ser humano apresenta maior sensibilidade nas direções x e y quando em baixa frequência, 1 a 2 Hz. A curva padrão combinada das três direções é obtida para o caso mais crítico dos eixos z, x / y [3].

Deve-se medir a vibração na estrutura ou no ponto que será transmitida ao corpo inteiro (ref. 3.5 ISO 2631-2). Em algumas condições as medições podem ser realizadas fora da estrutura. Nesse caso a função de transferência entre os pontos devem ser determinadas.

As vibrações que afetam o ser humano são de baixa frequência e grande amplitude, situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. Também são enquadradas como vibração no corpo inteiro os casos de enjôo que compreendem as frequências na faixa de 0,1 a 0,63 Hz. Tais vibrações são mais críticas em atividades relacionadas aos meios de transporte.

Para o caso de mãos e braços a reação da região atingida para os eixos x, y e z é a mesma não necessitando, portanto, de ponderação (peso) nas terças de oitava de frequência. A faixa de frequência para este caso se estende de 0,8 Hz a 1250 Hz sendo as amplitudes em m/s^2 . Deve-se utilizar acelerômetro compatível com a entrada do instrumento de medição e realizar a verificação do conjunto com o uso de um calibrador de vibração (mini-shaker). Uma base triaxial com elemento de fixação na altura do centro da mão e sobre os dedos deve ser utilizada nas medições.

5. TERMINOLOGIAS E DEFINIÇÕES

NIST: National Institute of Standards and Technology's - Instituto dos EUA similar ao INMETRO no BRASIL.

Agentes: ruído e vibração são considerados agentes físicos cujos limites para insalubridade são definidos na NR 15 anexos 1 (ruído contínuo), 2 (ruído de impacto) e 8 (vibração).

LEQ: média logarítmica no tempo do nível de pressão sonora ou vibração. É uma função de integração usada em ambientes para definir o valor médio do ruído ou vibração em função do tempo de medição. No caso de níveis contínuos ou intermitentes fixos o Leq será o mesmo tanto períodos curtos ou longos de medição.

Detecção (lenta e rápida): os aparelhos usados para monitorar o ruído apresentam internamente circuitos de detecção lenta e rápida. No nosso caso, será utilizada a detecção Fast e o Leq para avaliação.

Aceleração (m/s^2): unidade de medida de vibração que pode ser em rms, peak ou Peak-Peak. Atenção deve ser levada para a comparação dos níveis na mesma unidade de medição definida pelos valores das grandezas de referência do calibrador.

6. NORMAS UTILIZADAS

- [1] ISO 2631 - Vibração transmitida para corpo inteiro (nova versão 1999);
- [2] ISO 5349 – Vibração localizada em mãos e braços;
- [3] ISO 7962 – Transmissão mecânica do corpo humano na direção “z”;
- [4] ISO 8041 – Instrumento de medição para resposta do corpo humano a vibração;
- [5] Anexo 1 da ISO 8041 (Edição 1999);
- [6] ISO 6897 – Guia para avaliação da resposta dos ocupantes de estrutura fixas em movimentos horizontais de baixa frequência (0,063 a 1 Hz);
- [7] ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

As medições dos níveis de vibração no corpo humano baseiam-se em normas internacionais como a ISO 2631 para corpo inteiro, ISO 5349 para mãos e braços, e ISO 8041 para instrumentação. Devem ser realizadas medições em níveis globais e por frequência em 1/3 de oitava das vibrações nas direções de referencia especificadas pelas Normas.

Recomenda-se a avaliação por frequência em detrimento aos dosímetros de vibração que informam apenas se o limite para insalubridade foi superado sem identificar o tipo e as frequências envolvidas na medição.

7. EQUIPAMENTOS

Calibradores:

Vibração:

Modelo: 394M23; 9,84 m/s²; 79,6 Hz.

Marca: PCB.

Tipo: 1 (maior exatidão nas medições).

Certificado: calibrado no INMETRO em 2006 (certificado em anexo)

Função: fornecer nível de sinal conhecido de vibrações antes e após as medições.

Medidor analisador:

Modelo: 2800 (analisador).

Marca: Larson Davis.

Tipo: 1 (maior exatidão nas medições).

Certificado: rastreado aos calibrador 394M23 e ao NIST.

Função: fornecer nível global de pressão sonora em dB(A) e vibrações em metro por segundo ao quadrado (m/s²). Permite a determinar os níveis por faixa de frequência, identificando a fonte.

Nota: foi utilizado acelerômetro do tipo ICP da PCP e base magnética triaxial.

8. RESULTADOS DE MEDIÇÃO

Foram realizadas medições de vibração no corpo inteiro em dois postos de trabalho conforme solicitação da empresa para avaliação da vibração do pior caso encontrado nas dependências da empresa.

Conforme verificado no local através da observação das atividades do operador concluiu-se que a direção crítica para a avaliação da vibração é no eixo “z”, isto é, na direção da coluna vertebral.

A metodologia empregada foi segundo item 3 deste documento e seguindo as recomendações e procedimentos de medição da ISO 8041 de 1999. A medição foi realizada em dB e convertida para as unidades apresentadas nas Normas conforme conversões abaixo:

Aceleração “rms” obtida a partir do equipamento de medição:

$$ac = 10^{(dB/20)} \cdot 9.807 ; \text{ onde:}$$

* ac – aceleração em m/s^2

* dB – aceleração em dB

A norma utilizada é a ISO 2631 e os limites para aceleração global ponderada em função do tempo de exposição são estabelecidos conforme tabela a seguir:

- Limite de Exposição da ISO 2631:

TABELA 1		
Tempo (Horas)	a_w (m/s^2 rms)	Dose (%)
1	2.50	100
2	1.77	100
3	1.44	100
4	1.25	100
5	1.12	100
6	1.02	100
7	0.94	100
8	0.88	100

Para a utilização adequada do instrumento de medição deve-se primeiramente avaliar as operações envolvidas com a atividade e analisar o local de trabalho. Neste caso foram realizadas medições durante as operações mais importantes realizadas pelo **operador de empilhadeira nos dois postos de trabalho (Pátio e Galpão)**. Uma média em 1/3 de oitava da aceleração (Leq) em m/s^2 das amplitudes das frequências será o nível global que representará o pior caso da atividade realizada no GHE em análise.

Segundo verificado com o analisador de sinais de vibração e devido a natureza da atividade os níveis devem ser considerados intermitentes, portanto, necessitando de algum tempo para a composição do nível médio representativo da exposição avaliada.



Figura 1 – Detalhe da calibração (verificação “in loco”) da instrumentação utilizada.



Figura 2 – Posição no eixo z para avaliação de vibração no corpo inteiro.

8.1 Resultados por GHE

Serão apresentados apenas o resultado na direção de maior vibração, conforme metodologia de avaliação. Foram realizadas duas avaliações em postos de trabalho diferentes.

a) GHE: Operador de Empilhadeira / Pátio

Máquina: Empilhadeira HYSTERX 55

Funcionamento: à gás natural

Local: Pátio

Operador: Edvaldo (amostra)

Cargo: Operador de Empilhadeira

Região Atingida: Corpo Inteiro (ISO 2631)

Faixa de Frequência: 0,63 Hz a 80 Hz.

Medições: na direção z.


Aceleração Global ($a_{(lin)}$): 0,73 m/s² (sem ponderação)

Nota: atividade de carregamento e descarregamento de caminhão.

Resultado por frequência: Tabela 2

Tabela 2 - Empilhadeira HYSTERX 55 (EIXO Z)

Hz	dB(ref. 1V)	m/s ²	m/s ² (W ISO2631)
1,0	-23.3	0.068391	0.032999
1,3	-21.9	0.080353	0.038949
1,6	-22.4	0.075858	0.037497
2,0	-22.2	0.077625	0.041257
2,5	-17.2	0.138038	0.086996
3,2	-17.0	0.141254	0.113501
4,0	-11.2	0.275423	0.266379
5,0	-10.0	0.316228	0.328473
6,3	-15.6	0.165959	0.174985
8,0	-14.1	0.197242	0.204409
10,0	-9.5	0.334965	0.331131
12,5	-12.5	0.237137	0.214042
16,0	-16.6	0.147911	0.113763
20,0	-19.2	0.109648	0.069743
25,0	-21.3	0.086099	0.044157
31,5	-23.8	0.064565	0.026122
40,0	-25.4	0.053703	0.016885
50,0	-25.9	0.050699	0.012459
63,0	-25.4	0.053703	0.009988
80,0	-25.9	0.050699	0.006714
Nível Global		0.73 m/s²	0.67 m/s²(W)

	AVALIAÇÃO AMBIENTAL	Nº.: REL-VCH-01-06-XXX
	Unidade: 3R Brasil Tecnologia Ambiental Ltda	Folha: 7 de 9
	Assunto: Avaliação de Vibração no Corpo Humano	

REL-VCH-01-06-XXX.doc

O nível de vibração ponderado no eixo z (a_{zw}) é de **0,67 m/s^{2(w)}**. O valor foi calculado para vibração no eixo "z" e segundo tabela I de limite de exposição, está abaixo dos níveis considerados insalubres.

Nota: o nível de vibração ponderado para o eixo x (a_{xw}) é de 0,43 m/s^{2(w)}



Figura 3 – Detalhe da medição Operador de Empilhadeira / Pátio

b) Operador de Empilhadeira / Galpão de açúcar

Máquina: Empilhadeira HYSTERX 60

Funcionamento: à gás natural

Local: Área de armazenamento (Galpão)

Operador: Jurandir

Cargo: Operador de Empilhadeira

Região Atingida: Corpo Inteiro (ISO 2631)

Faixa de Frequência: 0,63 Hz a 80 Hz.

Medições: na direção x.

Aceleração Global ($a_{(lin)}$): 0,32 m/s² (sem ponderação)

Nota: subida e descida de rampa de acesso com diversas manobras.

Resultado por frequência: Tabela 3

NOTA: em algumas avaliações há a necessidade de expor o avaliador a condição ambientais não usuais mas que devem ser acompanhadas pelo SESMT e tomadas as decisões para que não ocorram acidentes. Tais condições devem estar definidas no manual de SMS da empresa para que não ocorram atrasos ou avaliações inconsistentes

Tabela 3 – Empilhadeira HYSTER 60 EIXO X ~ Z

Hz	dB(ref. 1V)	m/s ²	m/s ² (W ISO2631)
1,0	-21,9	0,080353	0,038770
1,3	-23,0	0,070795	0,034316
1,6	-25,3	0,054325	0,026853
2,0	-27,4	0,042658	0,022673
2,5	-26,9	0,045186	0,028477
3,2	-28,1	0,039355	0,031623
4,0	-28,9	0,035892	0,034714
5,0	-29,0	0,035481	0,036855
6,3	-29,0	0,035481	0,037411
8,0	-28,4	0,038019	0,039400
10,0	-29,7	0,032734	0,032359
12,5	-27,4	0,042658	0,038503
16,0	-27,8	0,040738	0,031333
20,0	-21,3	0,086099	0,054765
25,0	-13,4	0,213796	0,109648
31,5	-28,3	0,038459	0,015560
40,0	-23,3	0,068391	0,021503
50,0	-26,0	0,050119	0,012317
63,0	-22,9	0,071614	0,013320
80,0	-21,9	0,080353	0,010641
Nível Global		0,32 m/s²	0,18 m/s²

O nível de vibração ponderado no eixo x (a_{xw}) é de **0,18 m/s^{2(w)}**. O valor foi calculado para vibração no eixo “z” e segundo tabela I de limite de exposição, está abaixo dos níveis considerados insalubres.

Nota: o nível de vibração ponderado para o eixo z (a_{xw}) é de 0,18 m/s^{2(w)}



Figura 4 – Detalhe da medição do Operador de Empilhadeira / Galpão da Empresa

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nível de vibração medido ($a_{(lin)}$) foi obtido durante a atividade sem prejuízo ou interferência na operação. Os valores de vibração encontrados para os dois pontos ($a_{(w)}$) não superam os limites critérios para insalubridade em função do tempo de exposição.

Se considerarmos os critérios da mesma norma para trabalho eficiente ($LT_{ergonomia} \sim LT_{insalubridade}/2$) os valores encontrados para o pior caso ficam próximos aos limites de trabalho eficiente.

No caso do GHE “Operador de Empilhadeira / Pátio” a exposição fica acima do limite de ação no caso de atividade contínua por mais de quatro horas.

Rio de Janeiro, 07 de Julho de 2006

Rogério Dias Regazzi
Engenheiro de Segurança do Trabalho
CREA 94-1-1065-4/