

## Avaliação Ocupacional de Vibração

**Tuffi Messias Saliba<sup>1</sup>**

### I – Critério legal - NR-15- anexo 8

A Portaria n.<sup>o</sup> 1.297 de 13/08/14 do MTE deu nova redação ao anexo 8 da NR-15, conforme anexo II a seguir:

#### **1. Objetivos**

#### **2. Caracterização e classificação da insalubridade**

##### **1. Objetivos**

**1.1 Estabelecer critérios para caracterização da condição de trabalho insalubre decorrente da exposição às Vibrações de Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI).**

**1.2 Os procedimentos técnicos para a avaliação quantitativa das VCI e VMB são os estabelecidos nas Normas de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO.**

##### **2. Caracterização e classificação da insalubridade**

**2.1 Caracteriza-se a condição insalubre caso seja superado o limite de exposição ocupacional diária a VMB correspondente a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 5 m/s<sup>2</sup>.**

**2.2 Caracteriza-se a condição insalubre caso sejam superados quaisquer dos limites de exposição ocupacional diária a VCI:**

**a) valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 1,1 m/s<sup>2</sup>;**

**b) valor da dose de vibração resultante (VDVR) de 21,0 m/s<sup>1,75</sup>.**

**2.2.1 Para fins de caracterização da condição insalubre, o empregador deve comprovar a avaliação dos dois parâmetros acima descritos.**

**2.3 As situações de exposição a VMB e VCI superiores aos limites de exposição ocupacional são caracterizadas como insalubres em grau médio.**

**2.4 A avaliação quantitativa deve ser representativa da exposição, abrangendo aspectos organizacionais e ambientais que envolvam o trabalhador no exercício de suas funções.**

<sup>1</sup>Tuffi Messias Saliba

Engenheiro de Segurança do Trabalho, mestre em meio ambiente, docente dos cursos de pós-graduação em Engenharia de Segurança, Medicina do Trabalho e Higiene Ocupacional, ex-pesquisador da FUNDACENTRO a autor de diversas obras editadas pela LTR.

2.5 A caracterização da exposição deve ser objeto de laudo técnico que contemple, no mínimo, os seguintes itens:

- a) Objetivo e datas em que foram desenvolvidos os procedimentos;
- b) Descrição e resultado da avaliação preliminar da exposição, realizada de acordo com o item 3 do Anexo 1 da NR-9 do MTE;
- c) Metodologia e critérios empregados, inclusas a caracterização da exposição e representatividade da amostragem;
- d) Instrumentais utilizados, bem como o registro dos certificados de calibração;
- e) Dados obtidos e respectiva interpretação;
- f) Circunstâncias específicas que envolveram a avaliação;
- g) Descrição das medidas preventivas e corretivas eventualmente existentes e indicação das necessárias, bem como a comprovação de sua eficácia;
- h) Conclusão.

## II - Vibração de corpo inteiro - Limites de exposição

O anexo 8 da NR-15 estabelece os seguintes limites de exposição ocupacional diária à Vibração de Corpo Inteiro – VCI:

- a) valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 1,1 m/s<sup>2</sup>;
- b) valor da dose de vibração resultante (VDVR) de 21,0 m/s<sup>1,75</sup>.

A NR-15 adotou o limite de exposição recomendado pela NHO-9 da FUNDACENTRO, devendo ser utilizado o valor da *Aceleração Resultante de Exposição Normalizada (aren)*. De acordo com a NHO-09 da FUNDACENTRO, aren corresponde à *aceleração resultante de exposição (are)*, convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela seguinte expressão:

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2] \quad (42)$$

Sendo:

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho, expresso em horas ou minutos;  
T<sub>0</sub> = 8 horas ou 480 minutos.

Are ou AEQ = aceleração resultante de exposição, representativa da exposição ocupacional diária obtida a partir das acelerações nas direções X, Y e Z. A NHO-9 define o are em função do somatório do arep (aceleração parcial representativa da exposição ocupacional relativa à componente de exposição). De maneira simplificada o are ou AEQ pode ser obtido pela equação abaixo:

$$are \ ou \ AEQ = \sqrt{\frac{a_{w_1}^2 \cdot t_1 + a_{w_2}^2 \cdot t_2 + \dots + a_{w_n}^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

Convém ressaltar, que de acordo com a NHO-09, a determinação do aren e are é feita com base na soma dos três eixos ou aceleração média resultante. O valor da aren é o mesmo da A(8) da norma ISO 2631:1 1997, enquanto a are ou AEQ se referem a avaliação em determinado tempo da jornada de trabalho, considerando as exposições parciais em diferentes acelerações.

Outro limite previsto no anexo 8 da NR-15 é o VDVR, que não deve superar a 21 m/s<sup>1,75</sup>. O VDVR corresponde a dose de vibração utilizando a quarta potência. Esse método é mais sensível aos picos de vibração e deve ser usado juntamente com aceleração r.m.s para estimar os riscos de exposição na VCI.

Segundo a NHO-09, o 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, conforme equação:

$$VDVR = \sqrt[4]{(1,4VDVe_x)^4 + (1,4VDVe_y)^4 + (1,4VDVe_z)^4}$$

Onde:

VDVe - corresponde ao valor de dose de vibração da exposição parcial representativo em cada eixo relativo à componente de exposição, conforme equação (NHO-09 da FUNDACENTRO):

$$VDVe = f VDV_J \sqrt[4]{\left(\frac{T_E}{T_M}\right)}$$

Onde:

$VDV_e$  - valor de VDV determinado em cada eixo referente ao tempo de medição

$VDV_J$  - VDV de x, y ou z

$T_E$  - Tempo de exposição em minutos ou hora

T<sub>M</sub> - Tempo de medição ou da amostra

f - fator de multiplicação em função dos eixos (1,4 para eixos x e y e 1,0 para o eixo z). Na equação anterior, os fatores de multiplicação estão contidos na mesma.

Nota: Quando o tempo de medição for igual ao tempo de exposição em cada ciclo, o valor do VDV<sub>e</sub> é igual ao VDV. Desse modo, quando a medição é realizada durante todo tempo de exposição, não é necessário o cálculo do VDV<sub>e</sub>. Normalmente, os medidores de vibração fornecem os valores de VDV em cada eixo, referente ao tempo de medição. Sendo assim, é necessário projetar a dose para o tempo de exposição na jornada, conforme a equação.

Quando o instrumento fornece o VDV multiplicado pelos fatores 1,4 para x e y e 1,0 para o eixo z, o cálculo o VDVR é igual a:

$$VDVR = \sqrt[4]{(VDVe_X)^4 + (VDVe_Y)^4 + VDVe_Z^4}$$

Outro parâmetro mencionado na norma ISO 2631:1 1997 é o eVDV. O cálculo do eVDV é feito da seguinte maneira:

$$eVDV = 1,4 a_w \cdot \sqrt[4]{t}$$

Onde:

a<sub>w</sub> - aceleração ponderada r.m.s em cada eixo

T- tempo de exposição em segundos

Alguns instrumentos de medição fornecem os valores de eVDV em cada eixo. Todavia, é importante ressaltar que a NR-15 e a NHO-09 não mencionam esse método de avaliação.

### Aplicação prática

A avaliação ocupacional pode ser realizada durante todo ciclo ou em cada parcela do ciclo. O quadro a seguir mostra os dados das operações que compõem o ciclo, bem como o tempo total considerando a repetição do mesmo em 4 (quatro) vezes durante a jornada de trabalho.

OPERAÇÃO	Aceleração (m/s <sup>2</sup> )	Tempo (minutos)	Tempo total dos ciclos na jornada de trabalho (minutos)
1 - Dirigir caminhão vazio até o setor de carregamento	0,80	20	80
2 - Aguardar o carregamento – marcha lenta	0,30	05	20
3 - Dirigir caminhão cheio do carregamento ao setor de descarga	0,70	30	120
4 - Descarregamento – marcha lenta	0,35	05	20
Total		60	240

**Nota:** foi considerada aceleração ponderada da soma dos três eixos ou aceleração média resultante.

Primeira alternativa:

1- Cálculo do AEQ ou are

$$AEQ = \sqrt{\frac{0,80^2 \times 80 + 0,30^2 \times 20 + 0,70^2 \times 120 + 0,35^2 \times 20}{240}} = 0,69 \text{ m/s}^2$$

2- Cálculo do aren ou A(8)

$$aren = 0,69 \sqrt{\frac{240}{480}} = 0,49 \text{ m/s}^2$$

Segunda alternativa:

Realizar a medição durante todo o ciclo de trabalho. Nesse caso, o instrumento de medição fornecerá o valor do AEQ referente ao ciclo completo. Ou seja, o valor será igual a:

$$AEQ = \sqrt{\frac{0,80^2 \times 20 + 0,30^2 \times 05 + 0,70^2 \times 30 + 0,35^2 \times 05}{60}} = 0,69 \text{ m/s}^2$$

Considerando que o ciclo se repete 4 (quatro) vezes na jornada de trabalho, o tempo de exposição é de 240 minutos. Desse modo, o valor do aren será o mesmo, ou seja,  $0,49 \text{ m/s}^2$  (inferior ao nível de ação).

Considerando que na medição do ciclo completo, os valores das doses VDV, referente ao tempo de medição de 60 minutos foram os seguintes:

$$VDV_x = 4,0 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_y = 7,0 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_z = 8,0 \text{ m/s}^{1,75}$$

Primeiramente é necessário projetar a dose de acordo com o tempo de exposição, vez que o instrumento de medição forneceu os valores referentes ao tempo de medição de 60 minutos e o tempo de exposição durante a jornada foi de 240 minutos para cada eixo. Normalmente, os instrumentos fornecem os valores de VDV multiplicados pelo fator 1,4 para os eixos x e y e 1,0 para o eixo z. Todavia, recomenda-se ao leitor ficar atento a esse detalhe. Os cálculos do VDV em cada eixo são os seguintes:

$$VDV_{eX} = 4,0 \sqrt[4]{\frac{240}{60}} = 5,65 \text{ m/s}^2$$

$$VDV_{eY} = 7,0 \sqrt[4]{\frac{240}{60}} = 9,89 \text{ m/s}^2$$

$$VDV_{eZ} = 8,0 \sqrt[4]{\frac{240}{60}} = 11,31 \text{ m/s}^2$$

Considerando que nos cálculos dos  $VDV_e$  foram aplicados os valores 1,4 e 1,0, valor da dose de vibração resultante ( $VDVR$ ), é igual a:

$$VDVR = \sqrt[4]{(VDVe_X)^4 + (VDVe_Y)^4 + VDVe_Z}^4$$

$$VDVR = \sqrt[4]{(5,65)^4 + (9,89)^4 + (11,31)^4} = 12,81 \text{ m/s}^{1,75}$$

O valor de VDVR superou o nível de ação, devendo ser adotadas medidas preventivas de acordo com a NHO-09.

### III - Vibração de mãos e braços - NR-15 - anexo 8

O anexo 8 da NR-15 estabelece o limite de exposição ocupacional diária a VMB correspondente a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de  $5 \text{ m/s}^2$ . O nível de ação para a avaliação da exposição ocupacional diária à vibração em mãos e braços corresponde a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de  $2,5 \text{ m/s}^2$  (anexo 1, NR-9, item 4.2.2).

A NR-15, anexo 8 adotou o mesmo critério da NHO-10 e comunidade europeia. O valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren), é obtido de acordo com a equação abaixo:

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

O valor do are ou AEQ = aceleração resultante de exposição, representativa da exposição ocupacional diária obtida a partir das acelerações nas direções X, Y e Z. O cálculo é feito de acordo com a equação:

$$are \text{ ou } AEQ = \sqrt{\frac{a_{w_1}^2 \cdot t_1 + a_{w_1}^2 \cdot t_2 + \dots + a_{w_1}^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

É importante destacar que a norma NHO-10 da FUNDACENTRO e norma ISO 5.349-1: 2001 recomendam que os valores da aceleração (are ou AEQ) será a resultante dos eixos x,y e z.

## Aplicação prática

Numa avaliação de vibração de mãos é braços durante a operação de motosserra foram obtidos os seguintes dados:

Operação	Aceleração (m/s <sup>2</sup> )	Tempo de medição (minutos)
01	10,0	10,0
02	11,0	15,0
03	8,0	15,0

O valor de AEQ ou aren é igual a:

$$AEQ = \sqrt{\frac{10^2 \cdot 10 + 11^2 \cdot 15 + 8^2 \cdot 15}{40}} = 9,71 \text{ m/s}^2$$

- Considerando que o trabalhador opera efetivamente motosserra durante 4 horas por dia, o valor do aren é igual a:

$$aren = 9,71 \sqrt{\frac{4}{8}} = 6,87 \text{ m/s}^2$$

O valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) foi superior ao limite de exposição (5,0 m/s<sup>2</sup>).