

INTRODUÇÃO A HIGIENE DO TRABALHO

1 - Introdução

O desenvolvimento tecnológico da humanidade, além de trazer enormes benefícios e conforto para o homem do século XX, tem exposto o trabalhador a diversos agentes potencialmente nocivos e que, sob certas condições, poderão provocar doenças ou desajustes no organismo das pessoas que desenvolvem suas atividades normais em variados locais de trabalho.

A Higiene do Trabalho, estruturada como uma ciência prevencionista, vem sendo aperfeiçoada dia a dia e tem como objetivo fundamental atuar no ambiente de trabalho, a fim de detectar o tipo de agente prejudicial, quantificar sua intensidade ou concentração e tomar medidas de controle necessárias para resguardar a saúde e o conforto dos trabalhadores durante toda sua vida de trabalho.

2 - Higiene do Trabalho / Ocupacional / Industrial

É a ciência e a arte que se dedica ao reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais (químico, físico e biológico) que podem ocasionar alteração na saúde, conforto ou eficiência do trabalhador.

Nesta definição destacam-se os seguintes aspectos :

1 - As fases da higiene do trabalho :

antecipação (projeto), reconhecimento (qualitativa), avaliação (quantitativa) e controle (qualitativa).

2 - A higiene atua sobre os fatores ambientais.

3 - O objetivo é a prevenção das doenças profissionais.

O CONCEITO DE HIGIENE SEGUNDO A OIT (Organização Internacional do Trabalho)

A ciência e arte dedicada à antecipação, reconhecimento, avaliação e controle de riscos ambientais que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

A ATUAÇÃO DA HIGIENE DO TRABALHO VISA

Reconhecer os fatores ambientais que podem influir sobre a saúde dos trabalhadores, o que implica num conhecimento profundo dos produtos, métodos de trabalho, processos de produção e instalações industriais (avaliação qualitativa).

Avaliar quantitativamente os riscos a curto e longo prazo através de medições das concentrações dos contaminantes ou das intensidades dos agentes físicos e comparar estes valores com os respectivos limites de tolerância. Para isto será necessário aplicar técnicas de amostragem e análises das amostras em laboratórios competentes ou efetuar medições com aparelhos de leitura direta.

Controlar os riscos, de acordo com os dados obtidos nas fases anteriores, as medidas de controle serão efetuadas de acordo com a aplicação do método mais viável, geralmente, baseado em procedimentos de engenharia, respeitadas as limitações do processo e recursos econômicos.

2.1. - Classificação dos Riscos Ambientais

A maioria dos processos pelos quais o homem modifica os materiais extraídos da natureza, para transformá-los em produtos úteis, segundo as necessidades tecnológicas atuais, são capazes de dispersar no ambiente dos locais de trabalho substâncias que, ao entrarem em contato com o organismo dos trabalhadores, podem acarretar moléstias ou danos à sua saúde.

Para facilitar o estudo dos riscos ambientais, podemos classificá-los em três grupos :

- a - riscos químicos,**
- b - riscos físicos,**
- c - riscos biológicos.**

Por sua vez, cada um destes grupos subdivide-se de acordo com as conseqüências fisiológicas que podem provocar, quer em função das características físico-químicas dos agentes, quer segundo sua ação sobre o organismo, etc...

Veremos nos módulos que se seguem como os riscos ambientais subdividem-se.

AGENTES FÍSICOS

MÓDULO I

São considerados agentes físicos :

RUÍDO

VIBRAÇÕES HUMANAS

TEMPERATURAS EXTREMAS

PRESSÕES ANORMAIS

RADIAÇÕES IONIZANTES

RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

RUÍDO

Aspectos Gerais de Avaliação, Conseqüências no indivíduo e Medidas Genéricas de Controle.

SOM

Por definição, o som é uma variação da pressão atmosférica capaz de sensibilizar nossos ouvidos.

NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (nps) - DECIBEL

O som mais fraco que um ouvido humano pode detectar é de 20 milionésimos de um Pascal (ou 20 uPa). Esta variação de pressão é a que causa a mínima deflexão da membrana do ouvido. Desta forma, o limiar de audibilidade ou a pressão sonora de referência (P_0) é 20 uPa (20×10^{-6} Pa). O ouvido pode tolerar pressões até um milhão de vezes mais alta, chegando até 200 Pa, valor para o qual estaria associado o limiar de dor.

Como o ouvido humano pode detectar uma gama muito grande de pressão sonora, que vai de 20 uPa até 200 Pa, seria totalmente inviável a construção de instrumentos para a medição da pressão sonora.

Para contornar este problema, utiliza-se uma escala logarítmica de relação de grandezas, o Decibel (dB).

O Decibel não é uma unidade, e sim uma relação definida pela seguinte equação :

$$L = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

sendo:

L = nível de pressão sonora (dB)

P_0 = pressão sonora de referência, pôr convenção, 20 uPa

P = pressão sonora encontrada no ambiente (Pa)

Amplitude (A)

É o valor máximo, considerado a partir de um ponto de equilíbrio, atingido pela pressão sonora. A intensidade da pressão sonora é a determinante do “volume” que se ouve.

Comprimento de Onda (λ)

É a distância percorrida para que a oscilação repita a situação imediatamente anterior em amplitude e fase, ou seja, repita o ciclo.

Frequência (f)

É o número de vezes que a oscilação é repetida numa unidade de tempo. É dada em Hertz (HZ) ou ciclos por segundos (CPS). As frequências baixas são representadas por sons graves, enquanto que as frequências altas são representadas por sons agudos.

Período (T)

É o tempo gasto para se completar um ciclo de oscilação. Invertendo-se este parâmetro ($1/T$), se obtém a frequência (f).

Tom puro é o som que possui apenas uma frequência. Por exemplo: diapásão, gerador de áudio.

Ruído é um conjunto de vários sons não coordenados (como uma salada de frequências). Possui várias frequências. São sons “não gratos” que causam incômodo, desconforto.

SOMA DE DECIBÉIS

Como o decibel não é uma unidade, não pode ser somado ou subtraído algebricamente.

Para se somar dois níveis de ruído em dB, o caminho natural seria transformar cada um em Pascal, através da fórmula já apresentada, então somar-se-iam algebricamente e, ao final, o resultado seria transformado de Pascal para dB. Este método não é prático, apesar de correto.

Para uma maior agilidade na combinação de níveis em dB, utiliza-se a tabela abaixo:

Diferença entre os níveis (dB)	quantidade a ser adicionada ao maior nível (dB)
0,0	3,0
0,2	2,9
0,4	2,8
0,6	2,7
0,8	2,6
1,0	2,5
1,5	2,3
2,0	2,1
2,5	2,0
3,0	1,8
3,5	1,6
4,0	1,5
4,5	1,3
5,0	1,2
5,5	1,1
6,0	1,0
6,5	0,9
7,0	0,8
7,5	0,7
8,0	0,6
9,0	0,5
10,0	0,4
11,0	0,3
13,0	0,2
15,0	0,1

NOTA : Para diferenças superiores a **15**, considerar um acréscimo = ZERO, ou seja, prevalece apenas o maior nível.

Exemplo:

diferença: $90 - 85 = 5$. Pela tabela, adiciona-se 1,2 ao maior nível (90 dB),
portanto: $85 \text{ dB} + 90 \text{ dB} = 91,2 \text{ dB}$

Obs.: Para mais de dois níveis, fazer somas intermediárias, dois a dois, até chegar num nível resultante.

Exercícios para combinação de níveis em dB

Combine :

95 & 95 =

95 & 90 =

95 & 80 =

95 & 93 =

95 & 85 =

95 & 75 =

85 & 83 & 91 =

86 & 92 & 99 & 104 =

Uma outra maneira de proceder a soma dos níveis de pressão sonora é de forma logarítmica.

Como podemos perceber, a escala em decibéis não é linear, mas sim logarítmica. Logo, quando desejarmos saber qual o nível de pressão sonora resultante de duas ou mais fontes funcionando simultaneamente, não poderemos somar os níveis individuais de cada fonte linearmente.

Por exemplo: se um aspirador de pó produz sozinho nível de pressão sonora de 80 dB, dois aspiradores idênticos e funcionando juntos não resultarão em um nível de 160 dB.

$$(N_1 + N_2 + \dots + N_n) \text{ dB} = 10 \log_{10} \left[10^{\frac{N_1}{10}} + 10^{\frac{N_2}{10}} + 10^{\frac{N_n}{10}} \right]$$

É possível perceber que, com este processo, não há necessidade de se somar os níveis dois a dois. O cálculo pode ser feito para quantos níveis forem necessários. Um exemplo de cálculo de uma soma de níveis em dB é mostrado a seguir.

Duas fontes de ruído A e B diferentes produzem níveis de pressão sonora, quando medidas isoladamente, de 56,4 e 61,7 dB respectivamente. Qual o valor previsto para o nível de ruído total?

Substituindo os valores diretamente na fórmula, temos

:

$$\begin{aligned}56,4 + 61,7 &= 10 \log_{10} [10^{(56,4/10)} + 10^{(61,7/10)}] \\ &= 10 \log_{10} [10^{(5,64)} + 10^{(6,17)}] \\ &= 10 \log_{10} [436515,8 + 1470198,4] \\ &= 10 \log_{10} [1915614,2] \\ &= 10 \times 6,28 \\ &= 62,8 \text{ dB}\end{aligned}$$

Atualmente este é o método mais utilizado, tendo em vista o avanço das máquinas científicas que, em alguns modelos, possuem função para executar tal equação diretamente, dando o resultado de forma bem mais confiável do que pelo método da tabela de diferença em dB.

Nível Equivalente de Pressão Sonora (Leq)

Como o som é também uma fonte de energia, o potencial de danos à audição causados por um determinado som não depende apenas de sua intensidade, mas também de sua duração. Por exemplo, exposições a níveis muito elevados de pressão sonora por 4 horas são muito mais prejudiciais do que uma hora de exposição a este mesmo som. Então, para conseguirmos avaliar o potencial de danos à audição em um ambiente sonoro, ambos, **nível e exposição**, devem ser medidos e combinados para determinar a quantidade de energia recebida.

Para níveis sonoros constantes, isto é simples, mas para níveis sonoros variáveis, os níveis devem ser obtidos em pequenos intervalos de tempo sucessivos, dentro de um período de amostragem bem definido. De posse destes níveis, pode-se, então, calcular um valor único conhecido como nível equivalente

de pressão sonora contínua, ou Leq, que corresponde ao nível constante que possui a mesma quantidade de energia que o conjunto de níveis variáveis da fonte sonora que desejamos medir.

É importante ainda comentar que este parâmetro é amplamente utilizado em trabalhos de medição, análise ou desenvolvimento de metodologias específicas para avaliação de determinadas fontes de ruído.

Os equipamentos eletrônicos que medem níveis de pressão sonora (decibelímetros), são capazes de determinar este parâmetro imediatamente, através de circuitos construídos especificamente para isto.

No nosso caso vamos trabalhar com equipamentos que realizam este tipo de trabalho, denominados áudio-dosímetros ou integradores de dose de ruído.

Dose de Ruído

É outro parâmetro de medição importante, principalmente quando o objetivo é avaliar ruído como fator de higiene ocupacional.

Trata-se de um parâmetro relativo, baseado no Leq, cuja fórmula de cálculo é :

$$\text{Dose de ruído} = \frac{\text{Tempo de exposição a Leq}}{\text{Tempo Máximo de exposição ao mesmo Leq}} \times 100$$

Os tempos máximos de exposição aos diversos níveis médios (Leq) são a referência para o cálculo da dose, e eles podem variar de um país para outro, pois eles nada mais são do que uma convenção. Porém existem 3 padrões de referência que são utilizados por quase todo o mundo, inclusive para efeitos legais. São eles o da “International Standart Organization” (ISO), o da OSHA e o padrão brasileiro prescrito na Norma Regulamentadora 15 (NR-15), do Ministério do Trabalho.

País	Nível Referência	Fator de Dobra
EUA (ACGIH)	85 dB	3
BRASIL (FUNDACENTRO)	85 dB	3

BRASIL (NR-15)	85 dB	5
----------------	-------	---

AUDIBILIDADE / SENSAÇÃO SONORA

Tendo em vista que o parâmetro estudado é a pressão sonora, que é uma variação de pressão ao meio de propagação, deve ser observado que variações de pressão como a pressão atmosférica são muito lentas para serem detectadas pelo ouvido humano.

O ouvido humano responde a uma larga faixa de frequências (faixa audível), que vai de 16-20 Hz a 16-20 KHz. Fora desta faixa o ouvido humano é insensível ao som correspondente.

Estudos demonstram que o ouvido humano não corresponde linearmente às diversas frequências, ou seja, para certas faixas de frequências ele é mais ou menos sensível.

Um dos estudos mais importantes que revelaram tal não-linearidade foi a experiência realizada por Fletcher e Munson, que resultaram nas curvas isoaudíveis.

Assim, para frequências de 20 a 1000 Hz a sensibilidade diminui (efeito de atenuação do som real), de 1000 a 6000 Hz a sensibilidade aumenta (efeito de amplificação) e para frequências superiores a 6000 Hz a sensibilidade tende a cair novamente.

Para compensar essa peculiaridade do ouvido humano, foram introduzidos nos medidores de nível de pressão sonora os filtros eletrônicos com a finalidade de aproximar a resposta do instrumento à resposta do ouvido humano.

São chamadas “Curvas de Ponderação” (A, B, C).

Destas curvas a curva “A” é a que mais se aproxima da resposta do ouvido humano. É a que melhor correlaciona Nível Sonoro com Probabilidade de Dano Auditivo. Portanto, é comumente utilizada em avaliações de ruído industrial.

A curva “C” tem grande importância na avaliação nos estudos de eficiência de protetores auriculares, através do método NIOSH número 2, índice Rc.

Na verdade as curvas representam a forma como escutamos.

A frequência correspondente a fala fica entre 500 a 2000 Hz

RESPOSTAS DINÂMICAS

Os medidores de ruído dispõem de um comutador para as velocidades de respostas, de acordo com o tipo de ruído a ser medido. A diferença entre tais posições está no tempo de integração do sinal, ou constante de tempo.

“slow” - resposta lenta - avaliação de níveis de ruído contínuos ou intermitentes.

“fast” - resposta rápida - avaliação de ruído de impacto com ponderação dB(C).

“impulse” - resposta de impulso - para avaliação de ruído de impacto com ponderação linear.

DETERMINAÇÃO DE NÍVEL DE RUÍDO DE FONTE EM PRESENÇA DE RUÍDO DE FUNDO

Ruído de Fundo: É o ruído de fontes secundárias, ou seja, quando estamos estudando o ruído de determinada fonte num ambiente, o ruído emitido pelas demais é considerado ruído de fundo.

Existe um método prático para se determinar o nível de ruído de uma fonte quando existe interferência de ruído de fundo. A maneira natural de se realizar tal determinação seria desativar todas as demais fontes, ou seja, eliminar todo o ruído de fundo e fazer a medição apenas da fonte de interesse. Contudo, tal procedimento nem sempre é simples ou viável, na prática. Sendo assim, pode ser utilizado o conceito da subtração em dB, através da qual se determina o nível da fonte a partir do conhecimento do “decréscimo” global advindo da desativação da fonte de interesse. São utilizadas as terminologias abaixo e o gráfico anexo:

Lt + n = ruído total (fonte e fundo)
Rf = ruído de fundo
Nc = nível corrigido

Exemplo : Lt+ n = 60 dB e Rf = 53 dB

$L_{t+n} - R_f = 7 \text{ dB}$, então o $\Delta L = 1 \text{ dB}$ (dado do gráfico)

$N_c = L_{t+n} - \Delta L = 60 - 1 = 59 \text{ dB}$

DOSE DE RUÍDO

Os limites de tolerância fixam tempos máximos de exposição para determinados níveis de ruído. Porém sabe-se que praticamente não existem tarefas profissionais nas quais o indivíduo é exposto a um único nível de ruído durante toda a jornada. O que ocorre são exposições por tempos variados a níveis de ruído variados. Para quantificar tais exposições utiliza-se o conceito de DOSE, resultando em uma ponderação para cada diferente situação acústica, de acordo com o tempo de exposição e o tempo máximo permitido, de forma cumulativa na jornada.

Calcula-se a dose de ruído da seguinte maneira :

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

onde:

D = dose de ruído

C_n = tempo de exposição a determinado nível

T_n = tempo de exposição permitido pela Legislação (NR-15, ANEXO 1) para o mesmo nível n.

Com o cálculo da dose, é possível determinar-se a exposição do indivíduo em toda a jornada de trabalho, de forma cumulativa.

Se o valor da dose for menor ou igual a **unidade** (1), ou 100%, a exposição é admissível. Se o valor da dose for maior que 1 ou 100%, a exposição ultrapassou o limite, não sendo admissível. Exposição inaceitável denotam risco potencial de surdez ocupacional e exige medidas de controle.

Exemplo:

Numa casa de força (KF), o pessoal expõem-se diariamente, durante 8 horas, a seguinte situação:

Nível medido em dB(A)	Tempo real de exposição em horas/diárias	Tempo máximo permissível por dia/horas	Cn/Tn
82	1,5	----	----
84	2	----	----
90	3	4	0,75
95	1,5	2	0,75
Soma das frações Cn/Tn			1,50

A exposição está acima do Limite de Tolerância, tendo em vista que o valor encontrado de Cn/Tn, excedeu a unidade (1,50).

Exercícios de Dose de Ruído

1) A exposição do funcionário Alfazero é :

nível dB(A)	tempo
85	6 horas
90	2 horas

Qual a dose de ruído ?

2) Conceito de nível médio: A exposição de Alfauno é :

nível dB(A)	tempo
87	3 horas
100	3 horas
95	1 hora
77	1 hora

Qual a dose de Alfauno ?

3) Na mesma empresa, Gamão trabalha toda a jornada (8 horas) exposta a 95 dB(A). Qual a dose de Gamão ?

4) Qual a conclusão?

Exercícios de Ruído de Fundo

Utilizando-se do relatório de medição de ruído, imaginemos as seguintes situações hipotéticas com relação a determinação de nível de ruído de fonte em presença de ruído de fundo:

- 1) **Leitura Total = 65 dB (A) Ruído de Fundo = 60 dB (A)**
- 2) **Leitura Total = 95 dB (A) Ruído de Fundo = 85 dB (A)**
- 3) **Leitura Total = 115 dB (A) Ruído de Fundo = 96 dB (A)**
- 4) **Leitura Total = 100 dB (A) Ruído de Fundo = 92 dB (A)**
- 5) **Leitura Total = 89 dB (A) Ruído de Fundo = 95 dB (A)**
- 6) **Leitura Total = 107 dB(A) Ruído de Fundo = 105 dB(A)**
- 7) **Leitura Total = 89,8 dB(A) Ruído de Fundo = 86,6 dB(A).**

NÍVEL MÉDIO (Lavg ou Leq)

É o nível ponderado sobre o período de medição, que pode ser considerado como nível de pressão sonora contínuo, em regime permanente, que apresenta a mesma energia acústica total que o ruído real, flutuante, no mesmo período de tempo. Baseia-se no princípio de igual energia. No caso dos limites de tolerância da NR-15, a fórmula simplificada de cálculo é :

$$\text{Lavg ou Leq} = 80 + 16,61 \log (0,16.CD/TM)$$

sendo:

- TM** = Tempo de amostragem (horas decimais)
CD = Contagem da dose (percentagem)

Outra maneira de se obter o L_{avg} ou L_{eq} , com menor precisão, porém com mais agilidade é através da utilização do **nomograma**.

Exemplo (sobre a fórmula):

Imaginemos que pelo método do cálculo de dose manual, chegamos ao resultado final da equação = 4, portanto, 400% de dose.

Utilizando-se da fórmula realizaremos a substituição dos dados, sendo que neste caso o tempo a ser considerado é para uma jornada de 8 horas.

$$L_{avg} \text{ ou } L_{eq} = 80 + 16,61 \log \left(\frac{0,16.400}{8} \right)$$

$$L_{avg} = 80 + 16,61 \log (8)$$

$$L_{avg} = 95,00 \text{ dB(A)}.$$

Podemos realizar a mesma operação, a partir da dose obtida, transformada em %, e, a partir daí, através do nomograma, da esquerda para a direita cruzaremos as informações, quais sejam:

- 1- na coluna da esquerda localizaremos a jornada a ser considerada, neste caso 8 horas;
- 2- partindo do número de horas traçaremos uma reta até alcançar, na coluna do meio, a dose transformada em %, que neste caso é de 400%;
- 3- e, pelo mesmo princípio anterior prolongaremos a reta respeitando o mesmo ângulo de inclinação obtido até então, até alcançarmos o valor correspondente da coluna da direita, que neste caso é de 95 dB.

Exercícios :

Após um exaustivo trabalho manual de cálculo de dose de ruído, verificamos os seguintes resultados nas equações :

- 1 - dose = 1,5 , para a jornada de 8 horas;
- 2 - dose = 5 , para a jornada de 10 horas;
- 3 - dose = 6 , para a jornada de 6 horas;
- 4 - dose = 3 , para a jornada de 4 horas;
- 5 - dose = 9 , para a jornada de 1 hora (e agora ?).

LIMITES DE TOLERÂNCIA - RUÍDO DE IMPACTO

Segundo a Lei 6514, Portaria 3214/78, NR-15 - Anexo 2, são definidos os máximos níveis de ruído de impacto conforme tabela abaixo:

Limites de Tolerância	Configuração do Medidor
130 dB	circuito linear / resposta de impacto
120 dB	circuito compensação C /fast

Risco Grave e Iminente :

140 dB (linear) - resposta de impacto ou impulse

130 dB (C) - resposta rápida (fast)

Para complementar a abordagem dos limites de tolerância para ruído de impacto, é interessante consultar também o que é recomendado pela **ACGIH**.

ACGIH 1995/1996

Limites de Tolerância para Ruído Impulsivo ou de Impacto :

“Ruído que envolve máximos intervalos maiores que 1 segundo”

“Para intervalos menores que 1 segundo, deve ser considerado como contínuo”

dB (linear) - pico	Máximo de impactos por dia
140	100
130	1.000
120	10.000

Nenhuma exposição é permitida acima de 140 dB (linear) - pico !

EQUIPAMENTOS ELETROACÚSTICOS

Microfones

Os microfones são dispositivos que transformam uma onda sonora em força eletromotriz de mesma variação.

Protetores de Vento (windscreen)

Quando o vento bate no microfone, há criação de turbulência que ocasiona uma flutuação da pressão ambiente a qual gera ruído.

Com o protetor de vento o fluxo de ar também gera ruído, entretanto, a turbulência se localiza longe do

microfone, desta forma o ruído fica atenuado, portanto, não mascara a medição.

Medidor de Nível Sonoro

O instrumento básico para medições sonoras é o medidor de nível sonoro. Esse instrumento mostra níveis de pressão sonora, em relação a pressão de referência padrão (20 uPa) dos sinais captados pelo microfone.

O medidor Tipo 0 é adequado para referência em laboratórios, o Tipo 1 é destinado especialmente para uso laboratorial, e em campo, onde o ambiente acústico pode ser aproximadamente especificado e/ou controlado. O Tipo 2 é adequado para uso geral em medições de campo. O Tipo 3 é destinado para medições de fiscalização para determinar se o nível de ruído foi violado significativamente.

Integradores de Dose (áudio-dosímetros ou dosímetros de ruído)

Sem dúvida os integradores de dose de ruído, são os equipamentos mais sofisticados e precisos para a avaliação da exposição ocupacional a ruído, quando existirem um ou mais períodos de exposição a diferentes níveis de ruído.

Operação Avançada de Dosímetros de Ruído

Primeiramente, devemos conhecer alguns parâmetros de programação destes equipamentos, pois, apesar de uma série de equipamentos de modelos e fabricantes, alguns princípios operacionais e de funcionamento são os mesmos.

Entretanto, o que se procura objetivar são algumas funções mínimas desejáveis para um dosímetro de ruído, pois, sabemos que são equipamentos de um custo elevado, e, portanto, deve-se acertar na escolha do melhor equipamento para as suas necessidades de campo.

Parâmetros de Programação

1. *Nível Base do Critério (Criterion Level)* : sem dúvida o equipamento deve possuir as seguintes opções - 80, **85** e 90 dB;
2. *Fator Duplicativo de Dose/Fator de Dobra (Exchange Rate)* : deverá possuir as seguintes opções - **3, 4, 5** dB;
3. *Limiar Mínimo de Leitura (Threshold Level)* : deverá possuir as seguintes opções - **80, 85** ou 90 dB;
4. *Nível Teto (Upper Limit)* : deverá possuir as seguintes opções - 90, **115 ou 140 dB**;
5. *Curva de Ponderação* : deverá possuir as seguintes curvas de ponderação - **“A” e/ou “C” ou impulse**;
6. *Constante de Tempo ou Resposta (Time Constant)* : deverá ter as opções **fast e slow**.

PARÂMETROS DA NR-15 - ANEXO I

Nível base do critério	limiar mínimo de leitura	fator duplicativo de dose	nível teto
85 dB(A)	85 dB(A)	5 dB	115 dB(A)

CLASSIFICAÇÃO DOS MEDIDORES DE RUÍDO QUANTO A APLICAÇÃO DESEJADA

ANSI S1.4/83 Padrão	IEC 651 Padrão	Aplicação
0	0	referência padrão de laboratório
1	1	lab. ou campo condições controladas
2	2	uso geral em campo

não existe	3	inspeções rotineiras *
------------	---	------------------------

- * para constatar se os níveis de ruído estão substancialmente acima dos limites de tolerância.

SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO

objetivos específicos	tipo/modelo indicado	padrão IEC
caracterização de risco de surdez NR-15	dosímetro ou decibelímetro	2 (dosímetro) 1 (decibelímetro)
estudos de fontes e medidas de controle	decibelímetro + analisador de freq.	1
monitoramento de área (varredura)	decibelímetro ou dosímetro	2
conforto acústico (NR-17 e NBR 10152)	decibelímetro + analisador de freq.	2

ANSI - American Standards Institute

IEC - Internacional Electrotechnical Commission

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE NÍVEIS DE RUÍDO

Interpretação de resultados de dosimetria :

valor da dose	situação da exposição	considerações técnicas	nível de ação p/controle
0,1 a 0,5	aceitável	sem considerações	desejável
0,6 a 0,8	aceitável	atenção	rotina
0,9 a 1,0	temp. aceitável	séria	preferencial
1,1 a 3,0	inaceitável	crítica	urgente
maior que 3,1	inaceitável	emergência	imediate
maior que 115 dB(A)	inaceitável	emergência	interromper trabalho

Fonte : Revista Brasileira de Saúde Ocupacional 50/85

Nota explicativa: a tabela acima trata-se de uma sugestão de critério, vale dizer que outros tipos de formato existem para nortear o higienista na aplicação dos resultados obtidos.

CONSTANTE DE TEMPO DO OUVIDO

Para que um som seja entendido pelo ouvido é necessário um tempo médio de 40 a 70 milissegundos. O fato do ouvido apresentar essa inércia de audibilidade não significa que o dano auditivo é necessariamente menor.

CONSTANTE DE TEMPO DOS MEDIDORES

Simplesmente conhecidas por **slow, fast e impulse**, essas constantes de tempo foram definidas para que os instrumentos de medição tivessem uma resposta de leitura padronizada.

Quando um som varia muito rápido, o erro de leitura de um medidor pode ser acentuado pela dificuldade de acompanhamento do ponteiro, que tende a se movimentar na mesma velocidade, no caso dos equipamentos analógicos.

Assim, a constante de tempo do medidor é :

Posição	Tempo
SLOW	1 segundo
FAST	125 milissegundos
IMPULSE	35 milissegundos

*Fontes : Acústica L.X.Nepomuceno e a Medição do Som
Bruel&Kjaer*

OS DOSIMETROS OU INTEGRADORES DE DOSE

Os dosímetros seguem basicamente a mesma especificação dos medidores de nível de pressão sonora tipo 2. São raros os que podem ser classificados como tipo 1. Um dosímetro é na verdade um decibelímetro que tem internamente outros circuitos eletrônicos funcionando como um cronômetro, calculadora e banco de dados. Assim cada nível de ruído tem o seu tempo de duração determinado e armazenado, para comparação com os máximos permitidos, cujos resultados vão sendo acumulados ao longo do tempo.

São processados no dosímetro centenas de amostras (níveis) de sons por segundo, através de cálculos complexos (integrais), que permitem analisar uma exposição ocupacional com altíssima precisão, incomparavelmente melhor de qualquer medidor de nível de ruído e dependendo da sofisticação do aparelho os resultados são apresentados em formas de gráficos, médias ponderadas, projeções no tempo.

Além de todas as características já vistas anteriormente devem ser observadas as seguintes peculiaridades, que nos melhores modelos são selecionadas pelo usuário, de acordo com o critério de avaliação escolhido (NR-15, Anexo 1; ACGIH; OSHA, FUNDACENTRO).

Criterion Level ou Nível Base do Critério - Refere-se ao nível de ruído que associado a uma exposição de oito horas corresponde a uma dose de 100%. A ANSI sugere as seguintes opções: 90, 85, 84, 80;

Threshold Level ou Limiar Mínimo de Leitura - É o menor da tabela de tolerância para exposição ao ruído. Valores inferiores ao threshold level não são considerados nos cálculos de doses. Alguns dosímetros podem operar com dois limiares mínimos de leituras, em razão de uma resolução da OSHA, de 23/34

Higiene do Trabalho / Módulo 1 / Orientador Francisco Serran
(Fone: 9764 8941 e-mail: fserran@uol.com.br) / Bibliografia : Apostila ITSEMAP /
Apostila IAC : Especialista em Ruído Aeronáutico do Instituto de Aviação Civil

8/3/83, que definiu o programa de conservação auditiva, baseando em um “nível de ação” de 50% da dose máxima, considerando-se níveis a partir de 80 dB(A), porém mantendo-se o Permissible Noise Exposure (exposição permitida ao ruído) de 90 dB(A) a 8 horas - 100%;

Exchange Rate ou Fator Duplicativo de Dose - Trata-se do coeficiente de evolução da dose de ruído, em função do tempo de exposição. Tomando-se por alguns exemplos da NR-15, Anexo 1, sabe-se que :

nível	tempo de dose	tempo de dose	tempo de dose
85 dB (A)	-----	-----	8 horas 100%
90 dB (A)	-----	4 horas 100%	8 horas 200%
95 dB (A)	2 horas 100%	4 horas 200%	8 horas 400%

Observa-se que mantido o tempo de exposição de 8 horas, a dose dobra a cada acréscimo de 5 dB (A) no nível de ruído. A tendência dos critérios modernos aponta para o Fator Duplicativo de Dose de 3 dB, como quer a ACGIH, além da ISSO, comunidade européias, entre outros, buscando-se a coerência com o princípio da igualdade de energia acústica.

Upper Limit ou Nível Teto - Entende-se como valor teto da tabela de limites de tolerância, acima do qual se configuraria o risco grave e iminente de surdez ocupacional. Normalmente se adota 115 dB (A). Embora a palavra dose não seja mencionada da NR-15, Anexo 1, toda a sua conceituação está claramente demonstrada através dos seguintes parâmetros :

Parâmetros de Dosimetria da NR-15, Anexo 1

nível base do critério	limiar mínimo de leitura	fator duplicativo de dose	nível teto
85 dB (A)	85 dB (A)	5 dB	115 dB (A)

AS NORMAS BRASILEIRAS

São desconhecidas normas brasileiras de especificações de medidores de níveis de ruído, em razão de serem raros os fabricantes nacionais de equipamentos eletroacústicos. Mesmo os critérios de avaliação não definem com clareza o tipo de equipamento a ser usado, como ocorre com a Portaria 3214, NR-15, Anexos 1 e 2. Infelizmente, isso significa que as medições podem ser feitas com qualquer tipo de aparelho.

As normas técnicas da FUNDACENTRO, tanto a NHT 6 R/E/85 como a RHT 9 R/E, estabelecem como especificações mínimas as do tipo 2, dos padrões ANSI/IEC.

NHT 6 R/E/85 - Norma de Higiene do Trabalho para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído.

RHT 9 R/E - É a Norma de Higiene do Trabalho para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído, através de dosímetros.

SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Objetivos

Todos concordam que os medidores de ruído se destinam a programas de conservação da audição, porém isso não basta para escolher o modelo mais indicado às necessidades do usuário. É necessário definir os objetivos específicos de utilização.

Exatidão e Precisão

Dependem do grau de exatidão exigido no trabalho de avaliação dos níveis de ruído. Se os resultados pretendidos serão das pessoas, aquisição de materiais e equipamentos de custo elevado, penalidades, indenizações, os instrumentos usados deverão ser de primeiríssima linha.

Foram vistas anteriormente as tolerâncias admissíveis para cada padrão de instrumento, o que ressalta a importância de se ter o melhor equipamento, principalmente, em questões polêmicas de perícias, cujo paradigma é a frieza dos números de lei. É justo condenar uma ou outra parte do processo judicial, quando a diferença entre os valores obtidos nas medições em relação aos limites de tolerância é menor do que o próprio erro do medidor ?

Ignorar as tolerâncias normalizadas dos instrumentos leva a erros conceituais, como do tipo: considerar uma exposição a 84,54 dB (A) segura e uma outra a 85,5 dB (A) insalubre. As conseqüências de tais conclusões podem ser irreparáveis.

Há no mercado muitos instrumentos que não seguem qualquer norma, e, portanto, seus erros de leitura são desconhecidos. Alguns chegam a confundir o usuário com expressões do tipo “Designed against IEC” ou “Designed to intend the IEC”, que levam o profissional desavisado a acreditar que o medidor segue algum padrão. Pura balela ! Quando o produto é bom, o fabricante, divulga claramente no manual e no material de publicidade o número, item e subitem da norma seguida, afirmando “attends” ou “meets ANSI S1.4 type 1, IEC”. Aparelhos que não atendem normas técnicas são BRINQUEDOS.

Modernidade e Intercambialidade

Diariamente se observa o avanço de eletrônica e novos modelos de equipamentos eletroacústicos são lançados. Porém é necessário prudência para evitar aquisição de instrumento tipo ilha, isolados tecnologicamente, de fornecedores que não tem tradição ou compromisso de manter a linha de produção ou de desenvolvimento de acessórios intercambiáveis com a unidade de interesse.

De outra parte há também a própria atualização dos critérios de avaliação que exigirão equipamentos versáteis ou adaptáveis às novas solicitações. Um exemplo disso é a tendência internacional de fazer dosimetria com Fator Duplicativo de Dose de 3 dB, que exigirá alterações nos dosímetros futuramente.

Manutenção

O custo de um instrumento não pode ser calculado somente pelo valor de compra, mas incluindo as despesas de conservação, desde a calibração-aferição periódica em laboratórios credenciados, peças de reposição, principalmente, microfones e baterias.

Instrumentos frágeis, que não suportam ambientes de trabalho agressivos, ou mesmo que exijam constantes trocas de baterias, tornam-se altamente dispendiosos.

Fonte : Revista Proteção-Instrumentação número 26, JAN/94, Marcos Domingos (Consultor de Higiene Ocupacional e Higienista, membro da ACGIH e Gerente da DOULOS - Ensino e Consultoria/Assessoria Técnica.

CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO

A consequência de uma exposição inadequada a médio prazo é a perda auditiva.

A perda auditiva é muito lenta e irreparável.

Por ser uma perda lenta é imperceptível, principalmente, porque o ouvido começa a perder sensibilidade a frequências muito altas, da ordem de 4000 Hz, e isto não se percebe em termos de fala, conversação, visto que a voz humana está no intervalo espectral de 300 a 2000 Hz. Para se diagnosticar corretamente alguma perda auditiva, faz-se exame audiométrico.

MEDIDAS DE CONTROLE

O controle de ruído pode ser alcançado de três maneiras distintas, quais sejam :

- **controle na fonte;**
- **controle na trajetória;**
- **controle no pessoal ou receptor.**

Qualquer plano de implantação de medidas de controle deve ser elaborado no sentido de buscar, prioritariamente, o controle na FONTE, em seguida o controle na TRAJETÓRIA e, somente em último caso, o controle no PESSOAL ou RECEPTOR. Todavia, as medidas de controle no PESSOAL podem ser adotadas provisoriamente, até a implantação de medidas coletivas.

1. Controle na Fonte

Controlar o ruído na fonte, significa alterar ou eliminar a mesma. Esta medida de controle é uma atividade técnica complexa, portanto, qualquer tentativa de redução do nível de ruído gerado por máquinas e equipamentos requer estudos detalhados e específicos dos seus funcionamentos, além do envolvimento no processo produtivo.

2. Controle na Trajetória

Não sendo possível o controle do ruído na fonte, como segundo passo deve-se estudar a viabilidade de controlá-lo no meio que o conduz. Desta forma, o controle de ruído na trajetória pode ser realizado segundo dois princípios básicos : evitar a propagação através de isolamento; conseguindo um máximo de perdas energéticas por absorção.

Portanto, o controle na trajetória consiste, fundamentalmente, no uso de barreiras/confinamentos que impeçam que parte da energia sonora, gerada na fonte, atinja o receptor. A eficiência da atenuação oferecida por uma barreira ou

confinamento acústico depende da adequada combinação de materiais isolantes e absorventes.

Uma regra básica a ser considerada na concepção de um confinamento/barreira é a colocação de material absorvente na face que está voltada para a fonte e material isolante na outra face.

3. Controle no Pessoal ou Receptor

Quando tecnicamente não é possível controlar o ruído na fonte ou na trajetória, ou enquanto as medidas de controle não são implantadas, é recomendável utilizar-se de meios de controle administrativos ou equipamentos de proteção individual.

Os meios administrativos que podem ser utilizados para reduzir a dose diária de exposição podem ser :

- alteração de rotinas, com redução do tempo de permanência nas áreas ruidosas;
- rodízio de pessoal nas operações mais ruidosas;
- alteração de horários de execução de tarefas específicas que produzem alto nível de ruído e grande número de expostos (segregação do tempo).

Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

Os protetores auriculares são essencialmente de dois tipos :

- **protetores de inserção,**
- **protetores circum-auriculares.**

Protetores de Inserção

São protetores que devem ser colocados no interior do canal auditivo, constituindo uma barreira acústica entre o ouvido e o ambiente.

Atualmente existe uma grande variedade de marcas e modelos de protetores de inserção, podendo apresentar durabilidade variável. Há protetores feitos de fibras minerais, embaladas em membranas, que são utilizados uma só vez. Os protetores de inserção que possuem maior vida útil são aqueles constituídos de silicone ou outros polímeros, porém suas dimensões são fixas e padronizadas (peq., méd., grande), sendo necessário, para cada usuário, o conhecimento das dimensões do conduto auditivo, a fim de se utilizar o protetor que ofereça maior isolamento e conforto.

O material deve ser tal que permita esterilização sempre que necessária. Devem ser acondicionados em caixas protetoras, para que possam ser carregados no traje de trabalho. O conjunto (caixa/tampões) deve ser esterilizado uma vez por semana. Isto é feito colocando-se os tampões e a caixa num recipiente com água fervendo por, pelo menos, 15 minutos.

Os protetores pré moldados, perdem suas propriedades elásticas com o tempo, e por isso devem ser substituídos periodicamente.

Um outro modelo mais recente de protetor de inserção é constituído de espuma acústica de expansão lenta que não necessita de adequação ao conduto auditivo (tamanho único). Este modelo oferece, em geral, os melhores resultados em termos de ajustes, conforto e aceitação.

Protetores Circum-Auriculares

Os protetores circum-auriculares ou do tipo concha ou abafadores, são constituídos por duas carcaças côncavas justapostas, revestidas com materiais absorventes, cobrindo completamente o ouvido externo.

A fim de se obter máxima eficiência do protetor, é indispensável que o mesmo se ajuste perfeitamente à cabeça do indivíduo, cobrindo completamente o ouvido externo.

Suas bordas são acolchoadas, o que permite uma boa adaptação ao osso temporal. As conchas são presas por uma haste regulável (arco tensor).

Os protetores circum-auriculares não requerem os cuidados especiais de higiene descritos para o tipo anterior; no entanto, quando usados em ambientes quentes, podem provocar irritação na pele ao redor do pavilhão auricular.

Considerações sobre a utilização dos protetores

É importante mencionar que os dois aspectos mais importantes relacionados com proteção auricular são a qualidade de um protetor auricular em termos de atenuação (eficiência) e se o mesmo é efetiva e corretamente utilizado.

Quanto a efetiva utilização por parte dos funcionários, cabe a cada Empresa o treinamento, conscientização e acompanhamento do uso de protetores junto aos funcionários, tendo em vista o uso voluntário e constante da proteção auricular.

Quanto a eficiência da atenuação, existe uma metodologia da NIOSH, chamada “Índice de Redução Acústica - Rc” que é um critério prático e rigorosamente técnico, que permite conhecer, junto a cada fonte de ruído de interesse, qual o nível de

ruído que atinge o ouvido protegido com determinado modelo de EPI.

Redução Acústica de Protetores Auriculares - Rc método NIOSH nº 2

O uso de protetores auriculares como medida de proteção na exposição ao ruído industrial é ação que requer certos cuidados e pode envolver uma série de aspectos limitantes.

É necessário que se tenha com clareza “quanta” proteção se está oferecendo e quais as formas de garanti-la no uso cotidiano dos protetores.

É natural que um equipamento projetado para o controle de um risco seja capaz de fazê-lo eficientemente, pois, caso contrário sua existência não teria sentido. O que se deseja de um protetor auricular é que atenuar o ruído ambiental a valores os mais baixos possíveis, ou no pior caso, aos valores máximos permissíveis, compatíveis com a exposição em questão.

Falando-se de maneira geral, um protetor deveria ser capaz de atenuar o ruído ambiental a valores inferiores a 85 dB (A) para jornada de trabalho de 8 horas diárias, entendendo-se este valor como o máximo nível de pressão sonora que atingiria o sistema auditivo da pessoa atingida.

Cálculo da Proteção

Como é possível acharmos a atenuação oferecida por um protetor auricular ?

A atenuação oferecida “em decibéis” por um determinado protetor auricular não é um valor fixo. De maneira simples, pode-se dizer que, para um mesmo ruído, protetores diferentes oferecerão diferentes valores de atenuação.

A atenuação oferecida por um protetor auricular depende do particular ruído que se está atenuando. Ele poderá atenuar diferentemente um ruído de uma serra circular em relação

ao de um compressor, mesmo que ambos possuam o mesmo valor em dB (A).

Assim sendo, a proteção oferecida deve ser calculada em cada caso.

Esse cálculo ou estimativa pode ser feito de várias maneiras, uma das quais, o método Rc é um dos mais práticos e rápidos.

O chamado método NIOSH - Rc procura apresentar um compromisso de praticidade e rapidez, sem comprometimento da decisão básica, o que vale dizer, sem o risco de se ter uma estimativa que signifique uma subproteção do trabalhador. É um método do tipo “single number”, ou seja, todos os dados de atenuação do protetor auricular são “embutidos” em um único número, conjuntamente com coeficientes de segurança, para evitar superestimar a proteção.

Utilização Prática do Rc

Podemos, através de um integrador de dose (áudio-dosímetro), realizar tal procedimento, onde utilizaremos a seguinte equação :

$$\text{dB (C) - Rc} = \text{dB (A)},$$

$$\text{Leq dB (C) - Rc} = \text{Leq dB (A)}.$$

Neste caso poderemos obter o valor do Rc.