

PROTETORES AUDITIVOS

Prof. Samir N.Y. Gerges, Ph.D.

Supervisor do Laboratório de Ruído Industrial (LARI)

Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Mecânica

Campus Universitário – Bairro Trindade – Cx.P. 476 – Florianópolis – SC

Tel: (0xx-48) 3319227, 2344074, 3317095 Fax: (0xx-48) 2320826

e-mail: samir@emc.ufsc.br

1. INTRODUÇÃO:

É fato conhecido que os protetores auditivos (PA) reduzem o ruído no ouvido. A prova disto é que a simples colocação dos dedos nos ouvidos, como boa vedação, reduz a sensação de ruído. Então, os protetores auditivos funcionam bem, e são a única salvação para a proteção do trabalhador contra os altos níveis de ruído e a perda auditiva permanente. O protetor auditivo é a solução mais comum e usada em nível mundial, nos casos em que as técnicas de controle de ruído não são disponíveis de imediato, ou até que ações sejam tomadas para redução de ruído nas fontes, trajetórias ou receptores até limite permitido.

Existe transmissão do ruído através dos ossos, tecidos humanos e pés para o sistema auditivo, com uma diferença de quase 45 dB em relação a transmissão do ruído via ar no canal do ouvido externo. Isto é, o efeito de vazamento do ruído via transmissão pelos ossos e tecidos, começa a ser importante para os protetores que fornecem atenuação superior a 45 dB. A conclusão é que esta transmissão do ruído via ossos e tecidos pode ser ignorada.

Existem muitas dúvidas e discussões entre os especialistas e usuários dos PA e também nos processos jurídicos em nível nacional e internacional. Este artigo fornece informações em nível mundial adquiridas pelo autor, durante os 30 anos de experiência e, especialmente, pela sua participação nas reuniões das normas ISO do PA.

2. ATENUAÇÃO DE RUÍDO DO PROTETOR

A atenuação de ruído fornecido pelo PA depende de vários parâmetros relacionados:

- 1- Usuário: formato e geometria do ouvido, colocação do protetor e experiência do usuário no uso do PA;
- 2- Tipo do protetor: projeto mecânico do PA, incluindo o formato geométrico, materiais, dimensões, tamanho, força do arco (para tipo concha).etc.;
- 3- Ambiente: níveis de ruído em função da frequência, uso de outros equipamentos de proteção Individual, entre outras.

Em função deste grande número de variáveis, a determinação de atenuação do PA deve ser feito de forma estatística. Qualquer avaliação de atenuação do PA feita de forma individual é considerada completamente errada (medição em Cabine audiométrica, gravação de ruído no ambiente, etc.). Por exemplo, se João usa um PA tipo “A” hoje ele pode perceber certa atenuação. Caso João tirar e colocar o mesmo protetor de novo no seu ouvido ele vai ganhar atenuação diferente devido à forma de colocação, especialmente para o tipo de inserção. Se o mesmo protetor “A” foi usado por Ricardo, a atenuação percebida por Ricardo será diferente de João. Portanto, é inevitável fazer avaliação de atenuação do PA com número suficiente de ouvintes para ter valores estatisticamente representativos com certa confiança.

A atenuação de ruído do protetor deve ser medida no laboratório em ambiente acústico qualificado. Este laboratório deve ser credenciado pelo INMETRO e MTE, usando normas nacionais e/ou internacionais.

REAT (Real Ear Attenuation at Threshold) é o método internacional mais comum e mais usado para medição de atenuação de ruído dos protetores auditivos no laboratório e é baseado nas normas ISO 4869-1/90, ANSI S3.19-1974, ANSI S12.6-1984 e ANSI S12.6-1997 (A e B). Todas estas normas descrevem procedimentos de laboratório para medição da atenuação de ruído fornecido pelo protetor auditivo em câmara acústica qualificada (não em cabine audiométrica). Não existe nenhuma norma para medição de atenuação de ruído dos plugs em cabine audiométrica. A medição de atenuação é baseada na exposição dos ouvintes ao ruído gerado em sala acústica qualificada por caixas acústicas (não no headfone) em bandas de frequência (não tom-puro de teste audiométrico) e determinação do limiar de audição de um indivíduo (ouvinte) sem protetor e com protetor. A diferença entre as duas medidas fornece a atenuação do protetor. Os resultados obtidos representam a atenuação obtida para cada ouvinte específico, sob condições de colocação do protetor no laboratório. A atenuação máxima (maior atenuação que o PA pode fornecer) pode ser obtida usando ouvintes bem treinados e com colocação do protetor com ajuda do especialista executor de ensaio (Normas ISO 4869, ANSI S3.19-1974, S12.6-1984 e ANSI S12.6-1997 (A)). Os PA passivos (sem eletrônica e sem abertura de válvula, etc.) tem atenuação linear. Isto é, a atenuação de ruído é independente do nível de ruído no ambiente. Portanto a medição em nível de “limiar de audição” é valido para qualquer ouro nível de ruído.

Os resultados obtidos nos ensaios subjetivos em vários laboratórios nos EUA, todos efetuados segundo a mesma norma de ANSI S3.19-1974, mostraram grandes variações nas atenuações, desvio padrão e NRR. Resultados obtidos em oito laboratórios diferentes são mostrados na figura 1, onde o “Nível de Redução de Ruído” (NRR) obtido, tem variações entre os laboratórios, que são da ordem de até 28 dB. As variações obtidas são, provavelmente, devido à seleção e treinamento dos ouvintes em cada laboratório. É quase impossível repetir exatamente um ensaio de um laboratório em outro. Qualquer variação menor do que ± 3 dB nos valores de atenuação e NRR não pode ser considerada relevante.

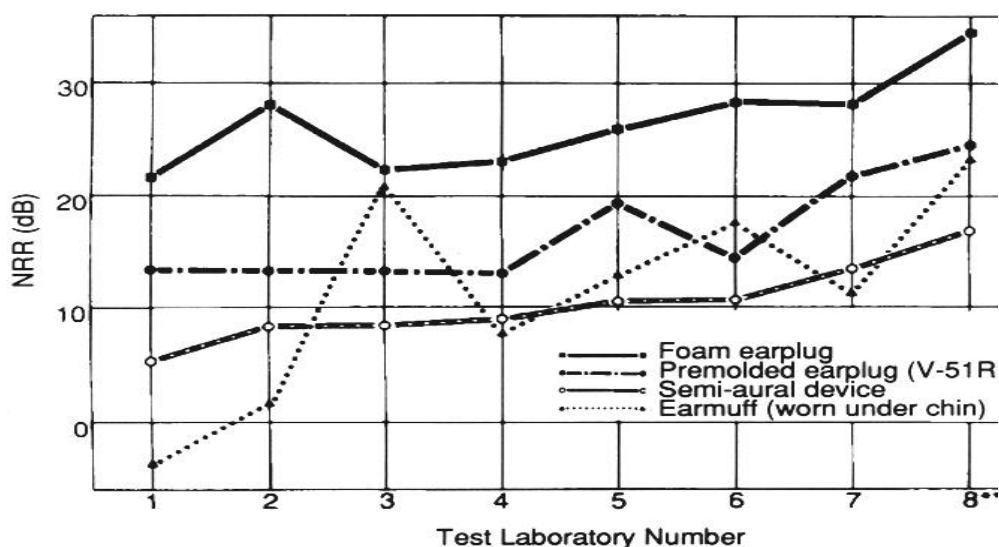


Figura 1: Comparação do NRR medido em 8 laboratórios nos EUA.

Para Editora :Tradução da legenda da figura:
Test laboratory Number: Laboratório de Ensaio
Foam earplug: protetor de inserção tipo espuma
Premolded earplug: protetor de inserção prémodado
Semi-aural device: capa do canal
Earmuff (worn under the chin): Concha, aste por baixo

Resultados de comparação entre os valores de NRR obtidos de ensaios, usando a norma antiga ANSI S3.19 –1974, e os valores obtidos no mundo real são mostrados na figura 2. Existem grandes diferenças entre os dois valores que significam que os valores medidos no laboratório com estas normas antigas não representam os valores de atenuação que o trabalhador ganha.

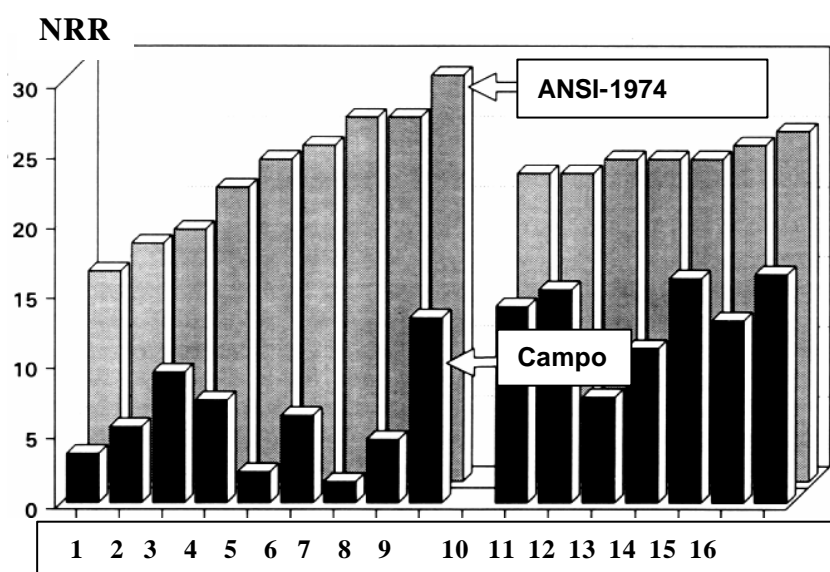


Figura 2: NRR do campo e de Laboratório (ANSI-1974)

1 a 9 são pluges das seguintes marcas: 1- Down; 2- Custom; 3- Sound-Ban; 4- UltraFit; 5- V-51R; 6-POP/Soft; 7-EP100; 8- 3-flange; 9- E-A-R foam.
10 a 17 são tipo concha das seguintes marcas: 10- Peltor H9A; 11- Misc.Muffs; 12- MSA MK IV; 13-Helberg No Noise; 14-Bilsom 2313; 15-Petor H7P3E; 16-Bilsom UF-1

Conforme figura 2, os trabalhadores no campo não conseguem alcançar a alta atenuação medida no laboratório (Norma S3.19 – 1974, ANSI S12.6-984 ou ANSI S12.6-1997(A)) e fornecida pelos fabricantes.

Atenuação, desvio padrão e “NRR” obtidos usando as normas S3.19 – 1974, ANSI S12.6-984 ou ANSI S12.6-1997(A), são válidos para 98% dos usuários (foi usado aqui duas vezes desvio padrão para calculo do NRR) considerando as mesmas condições de uso do protetor (colocações, ajustes, etc.) no laboratório e no campo. A colocação e ajuste do protetor no campo é geralmente pobre, portanto, é recomendado que os valores de “NRR” usados, sejam reduzidos para aproximar ao valores do mundo real. O documento mais recente de NIOSH “Occupational Noise Exposure - 1998 “ recomenda que os valores de NRR fornecidos pelo fabricante devem ser ajustados conforme o seguinte fator:

- Protetor tipo concha, multiplicar o NRR fornecido pelo fabricante por 0,75 (75%);

- Protetor tipo pluge com materiais expandidos (espuma), multiplicar NRR por 0,50 (50%);
- Outros protetores tipo pluge, multiplicar o NRR por 0,30 (30%).

O nível de pressão sonora equivalente que um trabalhador é exposto com o uso de um protetor auditivo pode ser calculado através de dois métodos:

- Método rápido que envolve apenas o nível de pressão sonora total no ambiente e “NRR” (que depois falaremos sobre NRRsf);
- Método longo que envolve cálculo considerando cada banda de frequência (ver referência);

No método rápido, o nível de pressão sonora de exposição do trabalhador com o protetor NPS_c em dBA é dado por:

$$\text{NPS}_c = \text{Leq (dBA)} + 7 - \text{NRR} \quad (1)$$

$$\text{NPS}_c = \text{Leq (dBC)} - \text{NRR} \quad (2)$$

Onde Leq (dBA) e Leq (dBC) são os níveis equivalentes de exposição durante a jornada de trabalho, medidos com dosímetro em dBA ou dBC respectivamente e NRR é o nível de redução de ruído reduzido (corrigido por fatores de NIOSH). O fator de 7 dB é a diferença na escala dBC (onde NRR calculado) e dBA usada no Leq (dBA), isto é para compensar a energia em baixas frequências entre escala A e C, além de outros fatores. É recomendado usar o Método Longo (B), por ser mais preciso.

A tabela 1 a seguir mostra o método longo para cálculo dos níveis de pressão sonora nos ouvidos dos usuários com o uso de protetores auditivos. Neste cálculo foi considerado o caso específico do espectro de ruído num ambiente (ver linha 1). As linhas 2 e 3 mostram a atenuação e desvio padrão (multiplicado por 2) do protetor auditivo usado (informações obtida do CA ou do fabricante ou do laboratório de ensaio). A linha 4 mostra os níveis de pressão sonora no ouvido do usuário com o uso de protetor (linha 1 – linha 4) para ter 98% de confiança. A soma logaritmo das atenuações para cada banda de frequência da linha 4 fornece o nível de pressão sonora total em dBA para usuário com o uso do protetor auditivo. Estes níveis não podem passar de 85 dBA para 8 horas de trabalho, conforme portaria do MTb 3214 de 1975.

Frequência central [Hz}	125	250	500	1k	2k	4k	8k
(1) NPS no ambiente em dBA	84,0	93,4	101,8	106,0	102,2	97,0	88,9
(2) Atenuação médio	14	19	31	36	37	48	40
(3) Desvio padrão x 2	10	12	12	14	14	14	16
(4) NPS com o uso do protetor = (a)-(b)+(c)	80,0	86,4	82,8	84,0	79,2	63,0	64,9
A soma logaritmo da linha (4) representa o nível com o uso do protetor = 90,3 dBA							

Tabela 1: Cálculo do nível do ruído com o uso do protetor

Caso necessita-se aplicação dos ajustes de NIOSH, então pode-se calcular a atenuação total. Por exemplo, se temos Atenuação total = 109 (soma logarítmica da linha 1) - 90,3 = 18,7 dB, e este é um protetor tipo concha, então a atenuação deve ser

multiplicada por fator de ajuste de NIOSH, isto é $18,3 \times 0,75 = 13,725$ dB. Assim o nível de pressão sonora do usuário é $109 - 13,725 = 95,275$ dB que se arredonda para 95,3 dB.

Em alguns casos a aplicação das correções de NIOSH fornece atenuação negativa !! (por exemplo: considerar um pluge inserção de silicone, com $NRR = 20$ em ambiente com $Leq=94$ dBA, usando a equação 1, temos $NPSc = 94 - (20 \times 0,3 - 7) = 95$ dBA – atenuação negativa !!). Isto ocorre devido aos valores de correção de NIOSH que são muito aproximados e usados para todos os tipos, marca e modelos dos PA. Por isto um grupo de especialistas da América de Norte, elaborou uma nova norma tentando ter procedimento de ensaio no laboratório para obter os valores de atenuação que o trabalhador ganha no mundo real.

Em 1997 foi aprovada uma nova norma para os ensaios dos protetores auditivos ANSI 12.6-1997, onde existem dois métodos, um deles é chamado; Método B: **colocação do protetor pelo ouvinte**. Nesta norma os ouvintes que participam nos ensaios do laboratório não devem ter experiência do uso do protetor, eles somente lêem as instruções dos fabricantes antes do teste. O executor do teste não pode colocar o protetor e/ou modificar a colocação e/ou conversar com os ouvintes. Também os ouvintes participam poucas vezes nos testes e são trocados por outros novos ouvintes. Portanto, os ouvintes representam os trabalhadores no campo do mundo real. Os valores de atenuação, desvio padrão e $NRRsf$ obtidos são o mais próximo possível dos valores obtidos no mundo real do campo (ver figura 3 e 4). Nota-se a aproximação dos valores de atenuação medidos no laboratório com a norma ANSI 12.6-1997(B) e os valores do mundo real.

Para os resultados dos ensaios em que se usa essa nova norma, o NRR calculado (conforme ISO 4896-2 com algumas modificações) é chamado $NRRsf$ onde SF significa “Subject fit” = colocação pelo ouvinte) e neste caso, não é necessário aplicar os fatores da NIOSH (multas ou sinalização).

Deste 1999 os fabricantes americanos estão discutindo esta nova norma ANSI 12.6 – 1997 Método B para aplicar, apesar de que a EPA ainda não aprovou esta norma. **Nos EUA e outros países, as associações dos fabricantes e entidades de classe entre outros, estão elaborando o novo selo dos protetores com a colocação do valor do $NRRsf$ com a seguinte frase; “quando o usuário usa este protetor, 84% dos mesmos podem ter esta proteção do $NRRsf$ ou uma atenuação maior do $NRRsf$ ”. A faixa dos $NRRsf$ dos protetores existentes no mercado internacional está, em geral, entre 0 e 25”.**

No Brasil, o Laboratório de Ruído Industrial (LARI) para ensaios de protetores auditivos da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC em acordo com o MTE, INSS, os fabricantes e importadores e ainda com o grupo CE-32 da ABNT (grupo responsável pela elaboração da norma de ensaio no laboratório, coordenada pelo autor deste artigo), realizou ensaios de grande número de protetores auditivos para fabricantes e importadores como a norma ANSI 12.6 – 1997 (B) fornecendo o $NRRsf$.

O mesmo método longo (citado na tabela 1) pode ser usado para cálculo dos níveis de pressão sonora com uso do protetor. Caso não seja possível obter os níveis no ambiente em banda de frequência, o $NRRsf$ é usado para cálculo dos níveis de pressão sonora com uso do protetor, usando o seguinte método rápido;

O nível de pressão sonora no ouvido com uso de Protetor Auditivo em dBA é dado por;

$$NPSc \text{ (dBA)} = Leq \text{ (DBA)} - NRRsf$$

Por exemplo; caso temos um nível de pressão sonora no ambiente de 92 dBA, e o protetor usado fornece $NRRsf = 16$, então 84% dos usuários ou mais serão expostos à nível de Pressão Sonora, com uso deste protetor de 76 dBA.

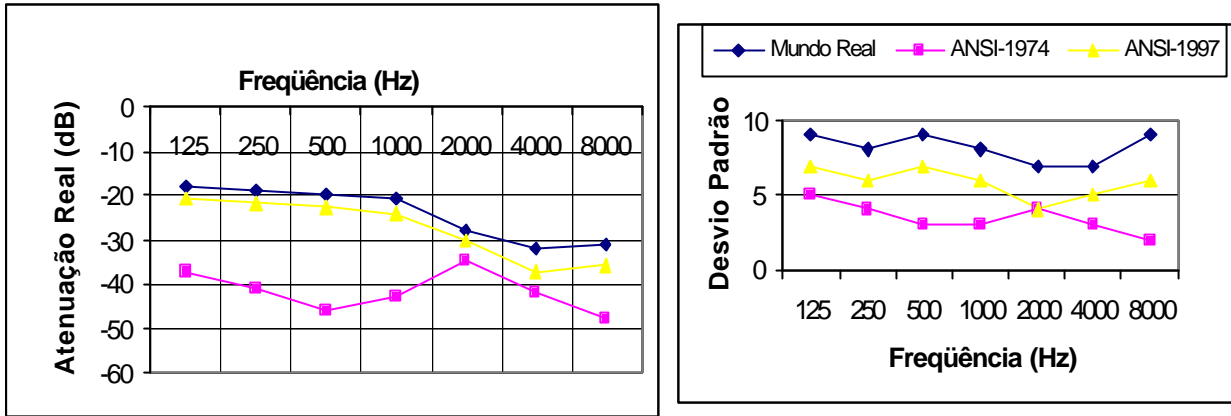


Figura 3: Três dados de atenuação e desvio padrão do pluge de espuma expandida (Classic E-A-R). **Mundo Real**: é a média de 15 estudos com 575 pessoas. **ANSI-1997**: é a média de 4 laboratórios com norma nova. **ANSI-1974**: são os dados dos fabricantes.

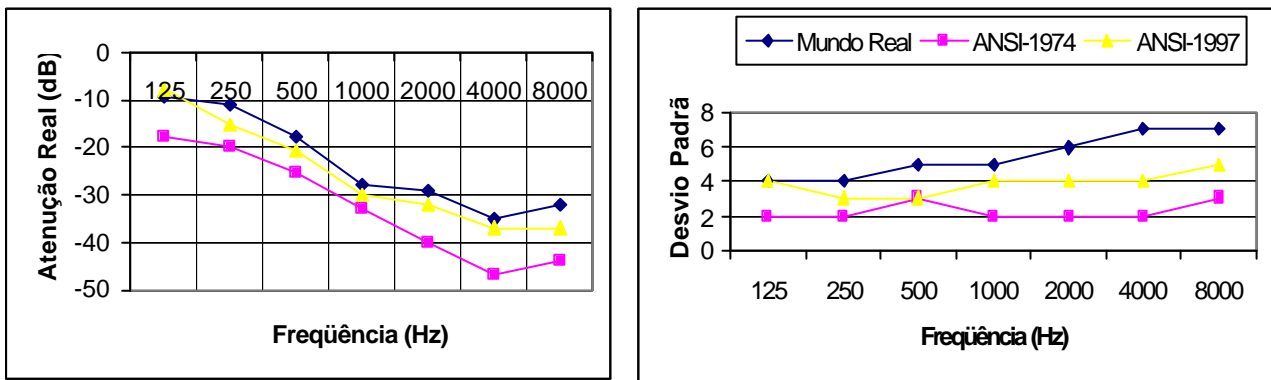


Figura 4: Três dados de atenuação e desvio padrão do protetor tipo concha (Bilsom UF-1). **Mundo Real**: é a média de 3 estudos com 51 pessoas. **ANSI-1997**: é a média de 4 laboratórios com norma nova. **ANSI-1974**: são os dados dos fabricantes.

Concluindo; os valores de atenuação fornecidos pela nova norma ANSI S12.6-1997(B) em forma de atenuação média e desvio padrão para cada banda de freqüência e o numero único de $NRRsf$ (sf significa colocação por ouvinte) são os melhores e mais perto dos valores no campo (mundo real) que temos de tecnologia até o momento.

3. Escolha de Protetor Auditivo

A melhor escolha do protetor auditivo é aquela em que o trabalhador aceita usá-lo corretamente, com vontade e mantendo-o colocado no ouvido o tempo todo. Os fatores

de maior importância para determinar a aceitação do trabalhador no uso do protetor com consistência são:

- Acreditar que o protetor previne a perda auditiva permanente;
- Estar de acordo que o protetor deva ser colocado corretamente;
- Usar o protetor com consciência;
- Saber sobre o desconforto do protetor, mas acreditar nos benefícios de usá-lo;
- Perceber a redução de ruído fornecida pelo protetor;
- Estar com prática de colocar e retirar o protetor com maneira fácil;
- Conseguir usar o protetor junto com outros equipamentos de EPI;
- Cuidar, guardar limpo, trocar se necessário o PA.

Os trabalhadores no campo não conseguem obter alta atenuação dos protetores devido ao desconforto, remoção, tamanhos inadequados, ajustamentos impróprios, transpiração, incompatibilidade com o meio ambiente, uso com capacete, deterioração, modificação do protetor pelo usuário e dúvidas na importância e eficiência do protetor.

Existem cerca de 1.500 marcas de protetores auditivos em nível internacional do tipo inserção, concha, capa do canal e acoplado a capacete. Assim, a seleção do protetor deve ser feita com certos critérios. Os parâmetros principais para a seleção do protetor são:

- (1) Conforto;
- (2) Nível de redução de ruído (NRRsf) do protetor;
- (3) Tipo do ambiente, especificamente as condições ambientais (temperatura, umidade, poeiras, .etc.);
- (4) Tempo de uso;
- (5) Compatibilidade com outros equipamentos de segurança;

Não existe um melhor protetor para todos os casos (não existe um melhor sapato para todos), cada tipo/marca tem suas vantagens e desvantagens. Os protetores tipo concha são fáceis de colocar corretamente mas são desconfortáveis em ambientes quentes e para períodos de longo uso.

Os protetores do tipo inserção são leves, mais confortáveis e fáceis de carregar e guardar, porém são difíceis de serem colocados corretamente, a pessoa que for utilizá-los, deve manter as mãos limpas. Estes protetores não são aceitos em alguns ambientes industriais, tais como indústrias de alimentos (devido ao risco dos protetores caírem dentro dos alimentos em fabricação).

O uso do capacete deve ser feito com o protetor tipo concha acoplado ao capacete ou com tipo inserção. O aumento do peso do capacete com protetor tipo concha acoplado ou o processo de rolar o protetor de inserção antes de colocar o capacete, impõe certas dificuldades ao usuário.

As considerações acima são utilizadas para escolher o tipo de protetor: concha ou inserção. A escolha do tipo particular (moldável, espuma expandida, etc.) deve ser feita nos critérios de conforto, aceitação e atenuação (nesta mesma ordem).

Os trabalhadores do primeiro mundo e outros expostos ao ruído usam os protetores auditivos corretamente e durante todo o tempo de exposição. Eles estão acostumados a usar os protetores auditivos, da mesma forma que usam o cinto de segurança no

carro e são disciplinados pois conhecem o efeito irreversível do ruído no sistema auditivo.

4. Existe perda auditiva permanente entre trabalhadores apesar de uso de PA ?

Algumas razões que a implantação do uso dos protetores auditivos não fornecem os resultados esperados para a proteção dos trabalhadores são:

- (a) Colocação não adequada do protetor auditivo por falta de treinamento periódico. É um fato que o trabalhador coloca o protetor para máximo conforto então o plugue fica pendurado fora do canal do ouvido sem efeito. A colocação do protetor tipo concha é mais fácil do que a do protetor tipo inserção.
- (b) A escolha não adequada do protetor para o espectro do ruído no ambiente. A escolha do protetor auditivo deve ser feita com critérios científicos considerando o conforto como o primeiro parâmetro.
- (c) O não uso do protetor auditivo em 100% do tempo de exposição ao ruído. Um simples cálculo mostra que, um protetor com $NRR_{sf} = 20\text{dB}$ usado durante 4 horas numa jornada de 8 horas com nível de exposição de 100dBC , fornece um nível equivalente de exposição a 97dBA , isto é, o usuário ganhou apenas 3dB de atenuação. A figura 5 mostra o efeito de % de uso do PA na atenuação conseguida.
- (d) Podem existir perdas auditivas durante horários de lazer causados pela exposição ao ruído da prática de algumas atividades tais como: música alta, dirigir motocicletas, etc.
- (e) A falta da escolha de um protetor auditivo CONFORTÁVEL, faz com que o usuário não aceite o uso dele, colocando-o de forma incorreta e não usando-o o tempo todo.

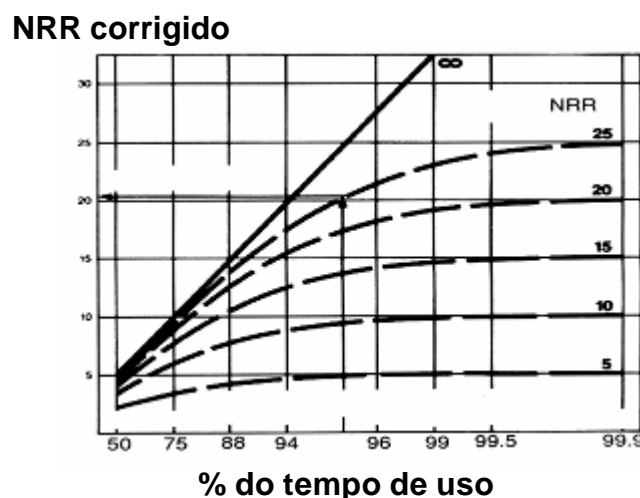


Figura 5. Efeito de % do tempo de uso de PA

5. Porque os engenheiros não resolvem o problema de reduzir o ruído nos projetos das máquinas e processos industriais?

No início da era industrial os ruídos e vibrações gerados pelas máquinas e processos industriais eram considerados o inimigo invisível do trabalhador por falta de conhecimento e técnicas disponíveis. Com o progresso industrial rápido e irreversível, o ruído passou, então, a ser considerado como uma das fontes de problemas de saúde. Desta forma, as autoridades competentes começaram a estabelecer limites dos níveis de ruído. As técnicas de controle de ruído foram, então, sendo desenvolvidas. Hoje

existem soluções práticas e viáveis para quase todos os problemas de ruído, a única barreira é o custo de uma máquina silenciosa ou de fabricação e montagem destes dispositivos de redução de ruído.

Por exemplo, uma máquina silenciosa que fornece o mesmo rendimento de outra ruidosa custa 2 a 3 vezes mais caro. Neste contexto, o custo do produto fica alto e os fabricantes não conseguem competir com outros. Soluções aplicadas nas máquinas e processos ruidosos já existem e são muito mais caras do que se as máquinas fossem compradas com dispositivos de controle. Por exemplo, os ventiladores industriais são elementos ruidosos e precisam da colocação de silenciadores na entrada e saída do ar. Se os ventiladores fossem adquiridos com os silenciadores, então deveriam ser considerados no projeto a perda de carga causada pela presença do silenciador, o espaço físico na tubulação e a estrutura necessária de montagem. E ao contrário, caso estes silenciadores sejam adquiridos depois da compra, o problema da perda de carga do ventilador, falta de espaço físico para colocação dos silenciadores e a necessidade de nova estrutura de apoio de montagem torna a solução do problema bem mais cara.

6. CONFORTO DO PROTETOR AUDITIVO

Para que os protetores auditivos sejam realmente usados corretamente e o tempo todo pelos trabalhadores, é necessário que os mesmos sejam confortáveis. Para que possamos escolher os protetores mais confortáveis é imprescindível que tenhamos a opinião de seus usuários. Esta opinião pode ser obtida através da aplicação de um questionário onde o trabalhador avalia os vários tipos e marcas mais adequadas ao seu ambiente de trabalho, indicando assim, o protetor mais confortável para o seu uso.

Este questionário pode abordar os seguintes itens:

- 1- O conforto do protetor, imediatamente após a colocação e também no final da jornada de trabalho após horas de uso;
- 2- A facilidade de colocação e retirada do protetor;
- 3- A eficiência de atenuação de ruído do protetor percebida pelo usuário.

O questionário pode ser elaborado com o método de múltipla escolha e cada questão tratar de um assunto. Este método é o mais popular para a medição de avaliações fornecendo resultados mais confiáveis. O questionário é dividido em duas etapas: a primeira pode ser preenchida imediatamente após a colocação do protetor e a outra 02 horas aproximadamente depois do uso.

O questionário típico pode ser elaborado no seguinte formato:

Questionário sobre conforto do protetor

Por favor forneça as seguintes informações para que se possa determinar os Protetores Auditivos mais confortáveis a serem usados no futuro. Marque a resposta correta.

Nome do trabalhador:

Protetor usado:

Modelo:

Data:

I – Coloque o protetor

