

**DARLENE PAULO BARBOSA**

**MAURICIO RATTON**

**REJANE RATTMANN**

**ESTUDO DE ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo, para obtenção do título de  
Especialista em Higiene Ocupacional.

SÃO PAULO

2006

**DARLENE PAULO BARBOSA**

**MAURICIO RATTON**

**REJANE RATTMANN**

**ESTUDO DE ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Higiene Ocupacional.

Área de Concentração:  
Engenharia de Segurança do Trabalho – Higiene Ocupacional

SÃO PAULO  
2006

Dedicamos este trabalho às nossas famílias.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores Mario Luiz Fantazzini, da USP e Paulo Henrique Trombetta Zanin, da UFPR, que se dispuseram a dar orientações claras, práticas e enriquecedoras ao conteúdo do trabalho.

Aos colegas que disponibilizaram informações e documentos.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho questiona os critérios utilizados pelas empresas para entregar protetores auriculares aos seus empregados, já que atualmente as empresas disponibilizam dois ou três modelos e o empregado escolhe em função do conforto. O questionamento é embasado nos métodos longo e simples, encontrados na literatura citada e aplicados a uma situação experimental com dados coletados em campo. Primeiramente, é feita uma revisão dos principais conceitos da Acústica e de proteção auditiva. Na seqüência, é descrita a metodologia de cálculo dos dados para obtenção dos resultados, incluindo a atenuação dos protetores fornecida pelos fabricantes e as características de frequência do ruído do local de trabalho. Os resultados indicam que o protetor auricular concha conjugado ao capacete tem uma menor eficiência quando comparado aos demais protetores. Portanto, a escolha dos modelos de protetores auriculares a serem disponibilizados para os empregados, deve levar em consideração as características do ruído do local.

## **ABSTRACT**

This report questions the criteria used by companies that give personal protective auricular equipment against noise to employees. Nowadays, 2 or 3 models are available and the employee can choose them based on the comfort level.

The choice is based on long and simple methods, found on the mentioned literature and applicable under experimental situations and field collected data.

First, the concepts of acoustics and hearing protection are reviewed.

Following, the methodology of calculus to obtain the data is described, including the attenuation of protection devices supplied by manufacturers and the local noise frequency characteristics of the work place.

The results show that the shell shape auricular protector device, combined with a helmet, are less efficient when compared with other protective devices.

So, the model's choice of auricular protectors available to the employees should be based on the noise level of the work place.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Contextualização.....	1
1.2	Objetivo.....	1
1.3	Justificativa.....	2
2	CONCEITOS FUNDAMENTAIS .....	3
2.1	Barulho e Ruído.....	3
2.2	A Física do Som.....	4
2.2.1	Frequência.....	4
2.2.2	O Conceito de Oitava.....	6
2.2.3	Amplitude.....	9
2.3	O Decibel e os Níveis de Pressão Sonora.....	10
2.4	Níveis Sonoros.....	12
3	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO.....	14
3.1	Audição.....	15
3.2	A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído.....	17
3.3	Conseqüências ao Trabalhador.....	19
3.4	Enfoque da Legislação em Relação ao Ruído.....	20
4	PROTETORES AURICULARES .....	21
4.1	Requisitos para a Escolha dos Protetores Auriculares.....	21
4.2	Classificação dos Protetores Auriculares .....	22
4.2.1	Protetores Auditivos de Inserção – Pré Moldados .....	22
4.2.2	Protetores Auditivos de Inserção Moldáveis ou Auto-Moldáveis	24
4.2.3	Protetores Auditivos Tipo Concha .....	25
4.3	Atenuação dos Protetores Auriculares .....	26

5	METODOLOGIA .....	28
5.1	Descrição da Área em Estudo .....	28
5.1.1	Proteção Auditiva Utilizada na Área em Estudo.....	29
5.2	Medições.....	34
5.2.1	Equipamentos de Medição.....	34
5.2.2	Obtenção das Medições .....	35
5.3	Resultados e Discussão.....	38
5.3.1	Método Longo .....	38
5.3.1.1	Comentários.....	52
5.3.2	Método Curto ou Simples.....	53
6	CONCLUSÕES .....	55
	LISTA DE REFERÊNCIAS .....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição das faixas de frequência em bandas de oitava e suas respectivas frequências centrais .....	5
Figura 2 -	Oitavas de piano e escala musical .....	7
Figura 3 -	Conceito de vibração, variação de pressão atmosférica e frequência .....	9
Figura 4 -	Significado da pressão média quadrática .....	9
Figura 5 -	NPS (dB) com valores correspondentes de pressão sonora e exemplos de ocorrências práticas desses valores.....	11
Figura 6 -	Curvas de isoaudibilidade .....	13
Figura 7 -	Critérios ou curvas de compensação A, B e C e a resposta plana.	13
Figura 8 -	Estrutura da orelha humana.....	16
Figura 9 -	Vista parcial do Setor de Utilidades.....	29
Figura 10 -	Fotografia dos protetores de silicone, tamanhos P, M e G.....	30
Figura 11 -	Fotografia do protetor de espuma.....	31
Figura 12 -	Fotografia do protetor concha.....	32
Figura 13 -	Fotografia do protetor concha conjugado ao capacete.....	33
Figura 14 -	Local das medições próximas ao GV-5602.....	35
Figura 15 -	Local das medições próximas ao P-5607.....	36
Figura 16 -	Local das medições no subsolo.....	36
Figura 17 -	Fotografia da realização da medição.....	37
Figura 18 -	Gráfico de atenuação do protetor silicone no local GV-5602.....	40
Figura 19 -	Gráfico de atenuação do protetor silicone no local P-5607.....	41
Figura 20 -	Gráfico de atenuação do protetor silicone no subsolo.....	42
Figura 21 -	Gráfico de atenuação do protetor espuma no local GV-5602.....	43
Figura 22 -	Gráfico de atenuação do protetor espuma no local P-5607.....	44
Figura 23 -	Gráfico de atenuação do protetor espuma no subsolo.....	45
Figura 24 -	Gráfico de atenuação do protetor concha no local GV-5602.....	46
Figura 25 -	Gráfico de atenuação do protetor concha no local P-5607.....	47
Figura 26 -	Gráfico de atenuação do protetor concha no subsolo.....	48

Figura 27 - Gráfico de atenuação do protetor concha conjugado ao capacete no local GV-5602.....	49
Figura 28 - Gráfico de atenuação do protetor concha conjugado ao capacete no local P-5607.....	50
Figura 29 - Gráfico de atenuação do protetor concha conjugado ao capacete no subsolo.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Freqüências centrais das bandas de oitava padrão.....	8
Tabela 2 –	Doses equivalentes de exposição .....	15
Tabela 3 –	Atenuação do protetor silicone.....	30
Tabela 4 –	Atenuação do protetor espuma moldável.....	31
Tabela 5 –	Atenuação do protetor concha.....	32
Tabela 6 –	Atenuação do protetor concha conjugado ao capacete.....	33
Tabela 7 –	Resultados das medições realizadas em campo.....	38
Tabela 8 –	Cálculos de atenuação do protetor de silicone no local de medição GV 5602.....	40
Tabela 9 –	Cálculos de atenuação do protetor de silicone no local de medição P-5607.....	41
Tabela 10 –	Cálculos de atenuação do protetor de silicone no local de medição subsolo.....	42
Tabela 11 –	Cálculos de atenuação do protetor de espuma no local de medição GV-5602.....	43
Tabela 12 –	Cálculos de atenuação do protetor de espuma no local de medição P-5607.....	44
Tabela 13 –	Cálculos de atenuação do protetor de espuma no local de medição subsolo.....	45
Tabela 14 –	Cálculos de atenuação do protetor concha no local de medição GV-5602.....	46
Tabela 15 –	Cálculos de atenuação do protetor concha no local de medição P-5607.....	47
Tabela 16 –	Cálculos de atenuação do protetor concha no local de medição subsolo.....	48
Tabela 17 –	Cálculos de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição GV-5602.....	49

Tabela 18 – Cálculos de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição P-5607.....	50
Tabela 19 – Cálculos de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição subsolo.....	51
Tabela 20 – Valores estimados após a atenuação em dB(A).....	52
Tabela 21 – Atenuação obtida com método curto.....	53
Tabela 22 – Critério de Julgamento e tomada de decisão.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAMT	Associação Nacional de Medicina do Trabalho
ANSI	American National Standards Institute
CA	Certificado de Aprovação
dB	Decibel
dB(A)	Decibel com resposta na curva A
DOU	Diário Oficial da União
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Hz	Hertz
IEC	International Electrotechnical Commission
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
ISO	International Standardization Organization
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NPS	Nível de Pressão Sonora
NRR	Noise Reduction Rating
NRRsf	Noise Reduction Rating Subject Fit
OHSAS	Occupational Health And Safety Assessment Series
P	Pressão
PAIR	Perda Auditiva Induzida Pelo Ruído
PCA	Programa de Conservação Auditiva

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A sociedade atual, ao utilizar tecnologia para transformar bens naturais em bens de consumo, traz, além dos benefícios ao homem, agressões ao trabalhador e ao meio ambiente.

Nas atividades profissionais, o homem fica vulnerável aos perigos existentes em seu local de trabalho, causando doenças ocupacionais, entre as quais, a perda auditiva induzida pelo ruído – PAIR. A doença pode ocorrer devido a fatores ligados à agressividade do agente, de algumas de suas características, da forma e intensidade de sua ocorrência, da relação do trabalhador com o agente e ainda de certas características próprias do trabalhador. Para protegê-lo, e minimizar o ruído e seus efeitos, são disponibilizados meios e tecnologias de controle e bloqueio, que podem ser de natureza coletiva ou individual. As proteções individuais, atualmente são escolhidas pelo usuário em função do conforto e adaptação individual.

Nesta monografia é questionado se o critério atual de escolha de protetores auditivos individuais é adequado às características do ruído ao risco existente em um determinado local de trabalho, aplicando metodologias disponíveis na literatura.

## 1.2 Objetivo

O objetivo deste estudo é analisar a proteção efetiva dos equipamentos de proteção auditiva individual distribuídos aos trabalhadores de uma indústria, levando em consideração os aspectos técnicos mais relevantes envolvidos nessa escolha.

Especificamente, será analisado se os protetores auriculares distribuídos aos trabalhadores são adequados ao ruído gerado em seu local de trabalho, através do conhecimento da banda de frequência e das curvas de atenuação do ruído, fornecido pelos fabricantes dos protetores auriculares. Como o ruído é constituído por uma mistura de sons em várias frequências, é preciso conhecer o espectro do ruído por faixas de oitava e calcular a atenuação em cada faixa. Esta forma de análise de atenuação de

protetores auriculares é denominada método longo. Na seqüência também será analisada sob o prisma do método curto ou simples.

### **1.3 Justificativa**

As medidas de proteção coletiva, atualmente disponibilizadas na grande maioria das indústrias, são ineficazes, pois não reduzem o nível de pressão sonora a níveis aceitáveis pela legislação. Por isso, há a preocupação de disponibilizar diferentes opções e modelos de protetores auriculares, para que o próprio trabalhador escolha o modelo com o qual se sinta mais confortável e que efetivamente utilizará em suas rotinas de trabalho.

A importância deste estudo reside na possibilidade dos trabalhadores virem a apresentar alterações em sua acuidade auditiva, caso a proteção auditiva utilizada seja ineficaz para as características do som nos diferentes locais de trabalho.

Vários autores pesquisados afirmam que a seleção do protetor deve ser feita envolvendo o usuário e sugerem fornecer aos usuários para que experimentem e escolham aquele modelo que melhor se adaptam, dentre vários tipos de protetores auditivos. É justamente isso que a grande maioria das empresas fazem, porém, sem analisar profundamente as características do ruído em suas instalações industriais.

Kwitko (1993, p.62), diz que “a escolha do EPI auditivo necessita ser feita a partir de um trabalho individual, no qual sejam considerados aspectos de atenuação inerentes ao protetor (qualidade), características pessoais do usuário (tamanho de condutos auditivos externos, formato do rosto e da cabeça, compatibilidade com outros EPI, tipo de atividade, utilização adequada, preferências) e nível de ruído ao qual o operário trabalha. O EPI deve deixar de ser um equipamento escolhido pela empresa para proteger seus operários, de forma indiscriminada, a um equipamento escolhido para cada operário, obedecendo aspectos técnicos”. Neste trabalho serão abordados os aspectos técnicos a serem observados pela empresa para disponibilizar as opções de modelos de protetores auditivos a serem escolhidos pelos usuários.

## 2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para se cumprir o objetivo do presente trabalho, que é analisar a adequação da escolha dos protetores auriculares, é importante o entendimento de alguns conceitos fundamentais, como a diferenciação entre barulho, ruído e som e também, o entendimento dos conceitos básicos da física do som, como, frequência, amplitude, níveis de pressão sonora, níveis sonoros e oitavas.

### 2.1 Barulho e Ruído

A partir de 1989, a Organização Mundial de Saúde passou a tratar o ruído como um problema de saúde pública.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987) conceitua o ruído como "a mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido".

Fisicamente, define-se ruído como "todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos" (Fernandes, 2002).

Para Costa e Kitamura (1995) o ruído, de um modo geral, pode ser definido como um som indesejável. O receptor periférico sensível a esta forma de energia, responsável por captá-la e transformá-la em impulso elétrico nervoso, é a orelha.

Segundo Mendes (1999), é exemplo típico de ruído o som do choro de uma criança recém-nascida, de um motor, de uma prensa, de um chiar de cadeira, etc. Todos estes sons podem ser classificados como barulho, desde que não tenham relação com o receptor tornando-se inúteis e indesejáveis. Dentro deste conceito, porém, não somente os sons desagradáveis serão barulho – a música em geral harmônica e agradável, será barulho mesmo aos músicos, na medida em que cause agravos à sua saúde ou seja indesejável naquele momento.

Neste contexto, contudo, os dois termos serão usados indistintamente, pelo fato de ambos já serem de uso corriqueiro em nossa literatura e até mesmo na legislação.

Os ruídos têm atingido altos índices de insalubridade em locais de trabalho, o que tem levado diversos países a publicar leis de proteção aos trabalhadores (Fernandes, 1993).

O senso comum sugere sempre o uso de protetores auriculares para evitar os efeitos do ruído e, muito embora este seja o método mais utilizado, não é o mais adequado, pois, para ser efetiva a proteção, deveria haver a extinção do ruído.

Fernandes (2003) afirmou que embora não seja o método mais adequado de combate ao ruído, o protetor auricular é o equipamento de proteção individual auditivo (EPI) mais usado para tentar prevenir a perda auditiva induzida por ruídos (PAIR). Os dois principais tipos de EPI disponíveis no mercado são os plugues e as conchas.

## **2.2 A Física do Som**

O som é um agente físico resultante da vibração de moléculas do ar e que se transmite como uma onda longitudinal. É, portanto, uma forma de energia mecânica (WHO, 1980).

As vibrações do ar que conseguem estimular o aparelho auditivo humano são denominadas vibrações sonoras ou som. Podem ser descritas, como variações da pressão atmosférica originadas pela própria turbulência do ar ou por material em vibração. Para que sejam audíveis, tais vibrações necessitam apresentar determinadas características de frequências e amplitude. (Mendes, 1999).

### **2.2.1 Frequência**

Frequência é o número de oscilações completas por unidade de tempo. A unidade hertz (Hz) equivale a uma oscilação ou um ciclo por segundo. A orelha humana detecta vibrações do ar entre a frequência mínima de 16 hertz e máxima de 20.000 hertz. As vibrações ocorridas fora desta faixa são denominadas de infra-sons e ultra-sons, respectivamente abaixo e acima, ambas inaudíveis para o ser humano.

É a frequência do som que dita a sua qualidade de ser grave ou agudo: mais grave quanto menor e mais agudo quanto maior for a frequência. Para fins práticos e didáticos, costuma-se agrupá-las em faixas de frequência ou bandas de oitava. O valor extremo de

uma faixa é o dobro do outro extremo. Cada faixa é geralmente representada pela frequência central, que é igual à média quadrática dos extremos.

Assim, a frequência de 4.000 hertz representa, na realidade, a faixa de frequência de 2.400 hertz a 4.800 hertz, enquanto que a de 1.000 hertz representa a banda de oitava que vai de 600 a 1.200 hertz. As frequências mais comumente utilizadas em saúde ocupacional são: 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 e 8.000 hertz, tanto para medições ambientais como para as audiometrias.

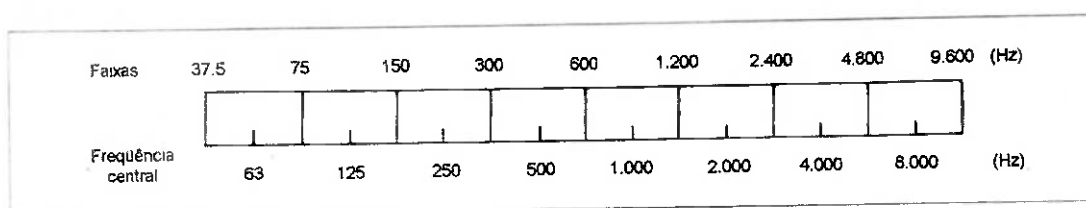


Fig. 1 – Distribuição das faixas de frequência em bandas de oitava e suas respectivas frequências centrais.

Segundo a BRÜEL & KJAER SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S (2000, p. 15, tradução nossa), em sua publicação Ruído Ambiental, considera que: “O ruído de baixa frequência tem uma energia acústica significativa entre 8 e 100 Hz. Esse tipo de ruído é típico em grandes motores diesel de trens, barcos e plantas de energia, e uma vez que este ruído é difícil de atenuar e se estende facilmente em todas as direções, pode ser ouvido a muitos quilômetros. O ruído de baixa frequência é mais danoso que aquele que se poderia esperar com uma medição de nível de pressão sonora ponderado A. A diferença entre o nível de pressão sonora A e o ponderado C pode indicar a existência ou não de um problema de ruído de baixa frequência.”

Segundo Ingemasson (1995, p. 30) “[...] o ouvido é mais sensível às altas frequências do que às baixas frequências. Do mesmo modo, para provocar o mesmo dano, um ruído de baixa frequência deve ter um nível sonoro muito mais elevado que um ruído de alta frequência. Em certos casos, é possível reduzir o ruído de uma fonte próxima deslocando a energia sonora dominante para as baixas frequências. [...] Ruído de alta frequência tem maior atenuação por absorção do ar, especialmente para longa distância

de propagação. A absorção do ar é maior nas altas frequências”. Isto explica porque os sons de alta frequência podem ser ouvidos em toda parte.

Ainda sobre este assunto, Fantazzini (2004, p.49) explica que “ [...] é preciso lembrar que além da frequência, uma onda sonora tem uma dimensão física, o seu comprimento de onda. É difícil visualizar isso, mas fazendo um paralelo com as ondas mecânicas na água, vejamos que o surfista prefere a onda ‘grande’, mas que demora para passar. Ela tem uma frequência baixa, mas ocupa uma dimensão grande que o interessa. Não é apenas ‘maior’, mas mais longa. As baixas frequência possuem grandes comprimentos de onda (estamos falando de sons mais ‘graves’ do espectro – um tom puro de 20 Hz tem um comprimento de onda de 17 metros). As ondas de baixa frequência não conhecem obstáculos, pois para ser um obstáculo respeitável, ele deve ser da ordem de grandeza do comprimento de onda. Por isso, os ruídos de baixa frequência se propagam a longas distâncias, pois não se encontram realmente obstáculos, e são esses que se escutam em toda a planta e mesmo nos vizinhos, na comunidade, gerando queixas. Além disso, o ar absorverá menos os sons de baixa frequência, pois há menos movimentação das moléculas do ar, onde ocorre a dissipação da energia da onda.”

### **2.2.2. O Conceito de Oitava**

Uma forma de quantificação do som bastante utilizada é a oitava. Por ser agradável ao ouvido e por permitir uma padronização da afinação musical introduziu-se este conceito séculos atrás com a música. A oitava baseia-se em uma razão entre frequências.

Por questões ligadas à percepção, composição musical, etc. outras relações são utilizadas em música, com outros intervalos. A figura mostra como o conceito de oitava associado à escala musical foi utilizado para desenvolver o piano.

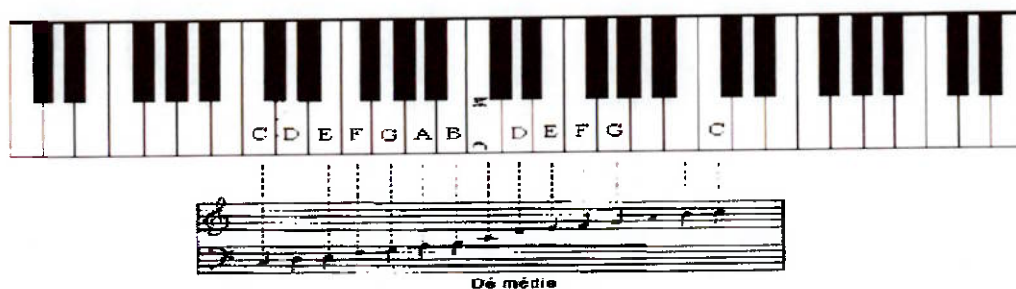


Fig. 2 - Oitavas do piano e a escala musical

Fonte: Medeiros (2002)

O conceito de oitava passou também a ser utilizado em outras áreas do conhecimento como a Acústica, com o objetivo de se agrupar dentro de uma determinada banda de frequências componentes de um som complexo. Este princípio é principalmente utilizado em medições e avaliação de condições acústicas e/ou equipamentos diversos. Em avaliações de Engenharia, dependendo da necessidade de precisão e do problema específico, utiliza-se também bandas de  $1/3$  e  $1/10$  de oitava.

Tabela 1 –Frequências centrais das bandas de oitava padrão

FREQÜÊNCIA CENTRAL (Hz)		10 log (Largura de banda)	
Oitava	1/3 Oitava	Oitava	1/3 Oitava
16	10	10,5	3,6
	12,5		4,6
	16		5,7
	20		6,6
31,5	25	13,4	7,6
	31,5		8,6
	40		9,7
63	50	16,5	10,6
	63		11,6
	80		12,7
125	100	19,5	13,6
	125		14,6
	160		15,7
250	200	22,5	16,7
	250		20,6
	315		18,6
500	400	25,5	19,7
	500		20,6
	630		21,6
1000	800	28,5	22,7
	1000		23,6
	1250		24,6
1000	1600	31,5	25,7
	2000		26,7
	2500		27,6
4000	3150	34,5	28,6
	4000		29,7
	5000		30,6
8000	6300	37,5	31,6
	8000		32,7

### 2.2.3 Amplitude

É a variação que a pressão atmosférica experimenta, estimulada por um corpo vibrátil. Por tratar-se de variação de pressão, a amplitude da vibração é medida em unidade de pressão: Pascal. Assim, a amplitude de uma onda seria o somatório de todas as variações de pressão ocorridas durante todo um ciclo, o que resulta sempre em zero.

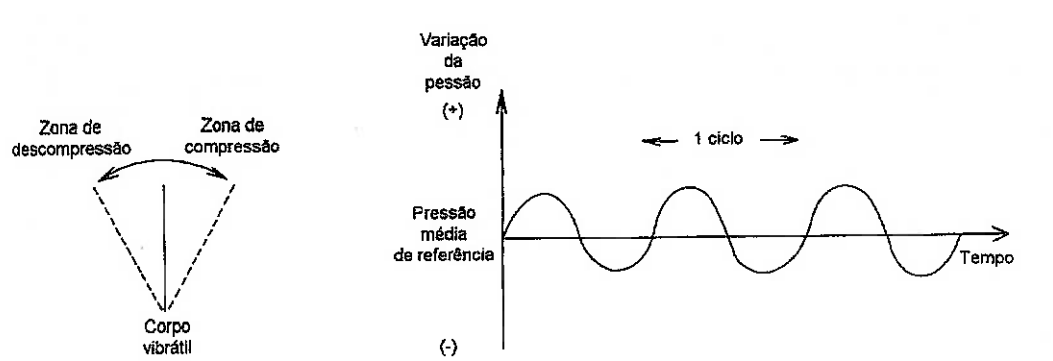


Fig. 3 – Conceito de vibração, variação de pressão atmosférica e frequência.

Fonte: Mendes (1999, p. 369).

Com a finalidade de contornar esta dificuldade matemática, para o ruído contínuo ou intermitente, procurou-se expressar as variações de pressão sonora como a média dos valores reais que mudam rapidamente através do tempo. Este valor é denominado de pressão média quadrática e é representado pela raiz quadrada da média aritmética dos quadrados das variações instantâneas de pressão atmosférica.

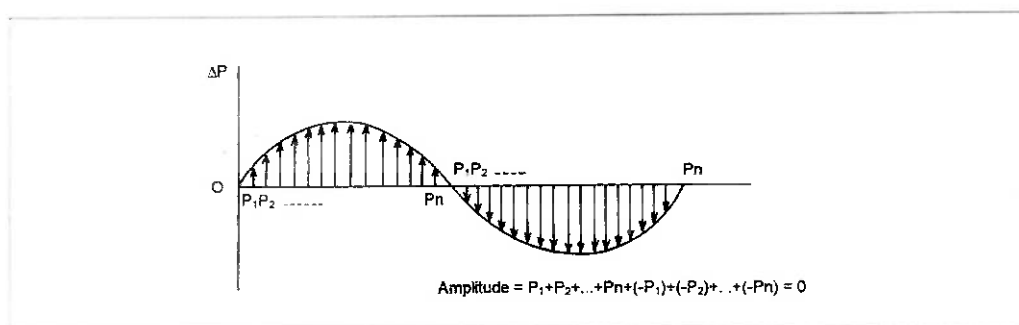


Fig. 4 – Significado da pressão média quadrática.

Fonte: Mendes (1999, p.370 ).

Para que a vibração do ar seja ouvida, isto é, para que o aparelho auditivo seja estimulado, há necessidade de que esta variação de pressão (P) atinja um valor mínimo que, segundo pesquisas, encontra-se ao redor de 0,00002 Pa para indivíduos jovens e saudáveis.

À medida que aumenta a amplitude, aumenta a sensação da audição do indivíduo. Entretanto, para um aumento na sensação da audição, a amplitude cresce logaritmicamente. Isto significa que, para cada aumento de 10 vezes no estímulo, haverá um correspondente aumento de uma unidade na sensação da audição.

Assim, pode-se concluir que não basta haver moléculas de ar em vibração para que se processe o fenômeno da audição. A vibração deve ocorrer dentro da faixa audível de frequência, isto é, entre 16 a 20.000 hertz, e a variação da pressão atmosférica instantânea por vibração deve atingir o mínimo de 0,00002 Pa.

### 2.3 O Decibel e os Níveis de Pressão Sonora

Dentro de uma escala logarítmica, a orelha humana é capaz de “ouvir” uma variação de pressão tão pequena quanto 0,00002 Pa e até suportar uma variação tão grande quanto 200 Pa, isto é, 10 milhões de vezes o valor do limiar de audição.

Com o intuito de representar matematicamente esta variabilidade, foi criado o decibel (dB), que representa a relação logarítmica entre a variação de pressão efetivamente medida e uma pressão de referência adotada. A pressão sonora assim representada é conhecida como nível de pressão sonora (NPS) e é expressa pela equação 1:

$$\text{NPS} = 20 \log ( P / P_0 )$$

(1)

Onde: P= pressão sonora efetivamente medida;  
P<sub>0</sub>= pressão sonora de referência (0,00002 Pa)

Observe-se que decibel (dB) não é uma unidade. Trata-se apenas de um nível, ou seja, uma relação entre duas grandezas variáveis, uma das quais adotada como referência. Por

isso, é prática saudável, sempre que se adotar um valor em dB, citar-se entre parênteses o valor de referência adotado; por exemplo: NPS=95dB (re  $P_0 = 0,00002$  Pa).

A figura 5 mostra a correlação entre a medida do som em variação de pressão atmosférica (pressão sonora), isto é, em Pa, e a medida do som em decibéis, isto é, nível de pressão sonora,  $P_0$  igual a 0,00002 Pa. Observa-se com atenção que as duas escalas não crescem linearmente. Vale ressaltar também que os números em dB, por serem resultados de operações logarítmicas, não podem ser somados ou subtraídos como um número comum.

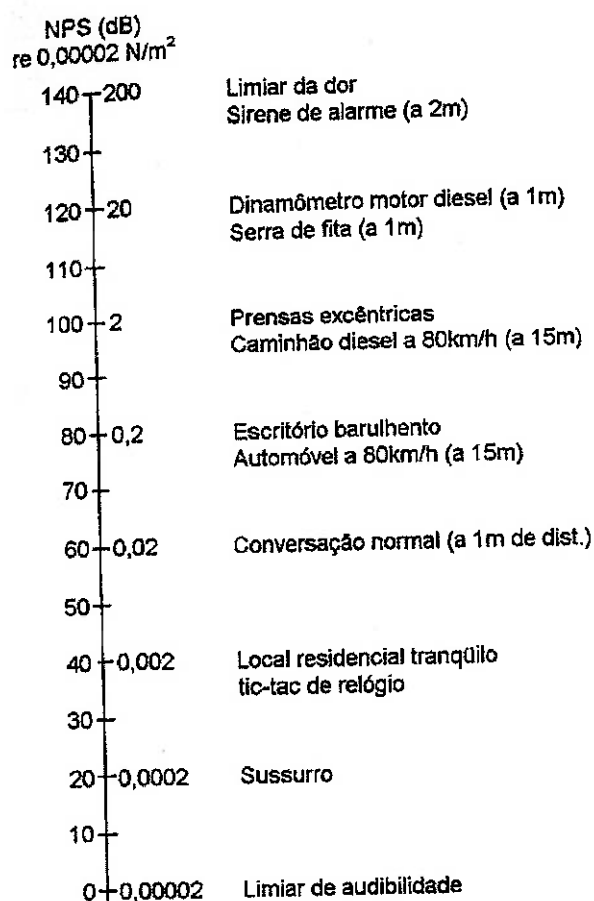


Fig. 5 – NPS (dB) com valores correspondentes de pressão sonora e exemplos de ocorrências práticas desses valores.

Dobrar a potência sonora significa acrescentar três decibéis. Assim, se uma máquina sozinha causa uma variação de pressão sonora correspondente a 90 dB (re  $P_0 = 0,00002$  Pa), duas máquinas iguais produziriam, em um ponto equidistante, 93 dB. O raciocínio vale para sons menos ou mais intensos: se uma turbina de um avião produz a uma certa distância 135 dB, duas turbinas equidistantes do mesmo local produziriam 138 dB.

O raciocínio inverso é válido: reduzir três decibéis na potência acústica de um ambiente de trabalho requer um esforço tecnológico e econômico bastante grande, pois significa diminuir o ruído ambiental pela metade.

Embora com o decibel se possa referir a outras medidas em acústica, tais como o nível de potência acústica e o nível de intensidade sonora, adotando-se outros valores de referência, estes não serão abordados aqui.

## **2.4 Níveis Sonoros**

A orelha humana tem uma sensibilidade diferenciada para cada frequência de som, isto é, ouve menos ou mais cada “grupo” de sons de acordo com as características de frequência. Por exemplo, um som de 80 dB emitido na frequência de 1.000 hertz é ouvido bem mais forte que outro som na frequência de 250 hertz, também emitido com a mesma potência, à mesma distância da fonte.

Para melhor compreensão do conceito de isoaudibilidade, a figura 5 mostra as curvas isoaudíveis segundo Robinson e Dadson, apud Mendes, 1999, incluídas na recomendação ISO R226 (1961). Cada curva representa a mesma intensidade com que os sons, em diferentes frequências, são percebidos pelo homem.

Em Higiene Ocupacional, o propósito da avaliação do ambiente de trabalho é a mensuração do seu potencial de dano à saúde dos trabalhadores. Procurou-se, então, adotar um sistema de medida que reproduzisse o mais fielmente possível a sensibilidade do ouvido humano. Por serem extremamente complexas a sensação e a sensibilidade humana, surgiram diversos critérios de medição do ruído, todos procurando compensar as referidas diferenças de percepção.

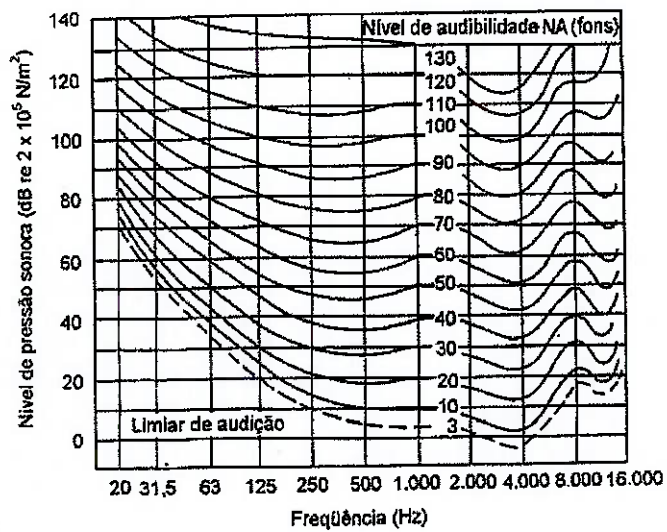


Fig. 6 - Curvas de isoaudibilidade.

Fonte: Robinson; Dadson (1961 apud MENDES, 1999, p.371)

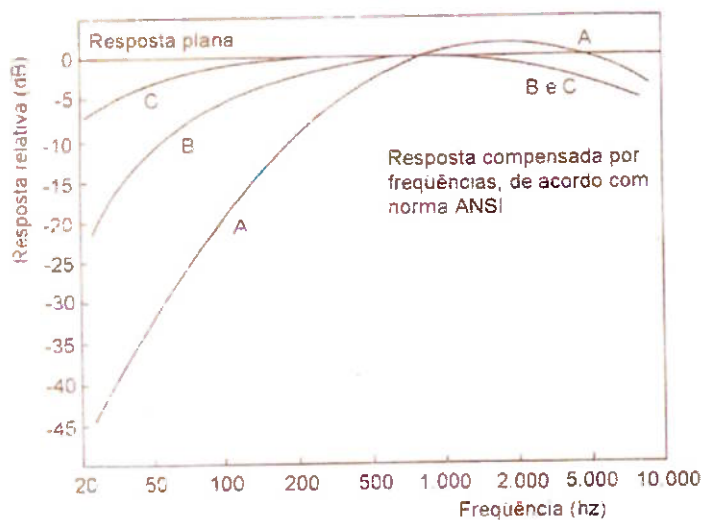


Fig. 7 - Critérios ou curvas de compensação A, B e C e a resposta plana.

Fonte: Mendes (1999, p.372).

A figura 7 mostra quatro dos critérios: a curva A, B, C e plana, esta última sem correção nenhuma, correspondente ao nível de pressão sonora. As três primeiras curvas de

compensação alteram, segundo critérios internacionalmente aceitos, o nível de pressão sonora real, recebendo os valores assim obtidos o nome de nível sonoro.

As respostas dos equipamentos de medição são apresentadas já compensadas internamente, identificadas como dB(A), dB(B) ou dB(C). Todo trabalho de compensação é realizado pelos aparelhos de medição através de circuitos eletrônicos, não exigindo trabalho algum do médico ou higienista. A curva mais aceita internacionalmente e também adotada no Brasil é a “A”.

### **3. EXPOSIÇÃO AO RUÍDO**

Segundo Mendes (1999), onde é feita uma rica abordagem da exposição do ser humano ao ruído e seus efeitos, a simples presença de agentes ou fatores do ambiente de trabalho não implica a ocorrência de doenças relacionadas ao trabalho. A doença pode ocorrer devido a fatores ligados à agressividade do agente, de algumas de suas características, da forma e intensidade de sua ocorrência, da relação do trabalhador com o agente e ainda de certas características próprias do trabalhador.

Não é diferente com o ruído e a perda auditiva por ele induzida. A simples ocorrência de ruído acima de 85 dB(A), limite legal no Brasil e tecnicamente aceito como limite de exposição ocupacional permissível para 8 horas por dia (40 horas semanais), não é suficiente para se caracterizar exposição excessiva. Como já foi salientado, exposição significa o contato direto (sem proteção) do trabalhador com o agente, de forma e em dose suficiente para lesar a sua saúde.

Desta forma, o trabalhador estará exposto quando, de forma desprotegida, trabalhar em ambiente onde o nível médio de ruído nas 40 horas semanais estiver acima de 85 dB(A). Em alguns países prevalece o conceito de dose equivalente de exposição: embora matematicamente errado, baseia-se na exposição equivalente a 85 dB(A), oito horas por dia, cinco dias por semana (Tabela 2).

Tabela 2 – Doses equivalentes de exposição

Nível Sonoro (dB A)	Tempo (Minutos)
85	480
90	240
95	120
100	60

Fonte: Mendes (1999, p. 372).

### 3.1 Audição

A estrutura do ouvido, tanto pela sua complexidade, como pela seu resultado operacional, é uma obra de extrema perfeição, e, pelo conhecimento que a ciência tem hoje, pode ser considerado como o máximo em termos de tecnologia biológica. Ele possui três partes principais, ouvido externo, médio e interno, tendo cada um deles seu papel fundamental na identificação dos sons.

O pavilhão, que chamamos de orelha, possui curvas especialmente projetadas para fazer com que as ondas sonoras sejam dirigidas ao canal auditivo, levando-as em direção ao tímpano, que é a entrada do ouvido médio. Na maioria dos animais, por necessidade de sobrevivência, esse pavilhão é móvel, podendo ser alargado e orientado conforme a necessidade. No homem e na maioria dos animais considerados superiores essa função está prejudicada devido a sua rigidez. Esse pavilhão dirige as ondas para um duto chamado de ouvido externo, que é fechado, em seu final, por uma membrana chamada de tímpano. O tímpano vibra com essas ondas sonoras, transmitindo essas vibrações a três minúsculos ossos ligados a ele, já no ouvido médio, que são o martelo, a bigorna e o estribo, amplificando-as e as transmitindo para o líquido existente no interior do ouvido interno.

No ouvido interno, que é constituído por um osso em forma de caracol chamado de cóclea, as ondas sonoras amplificadas pelos ossículos (martelo, bigorna e estribo), entram pela janela oval no canal vestibular até o final do canal, voltando pelo canal

timpânico até sair novamente, desta vez pela janela redonda. Durante todo o trajeto as ondas sonoras estão mergulhadas em um fluido aquoso chamado de perilinfa.

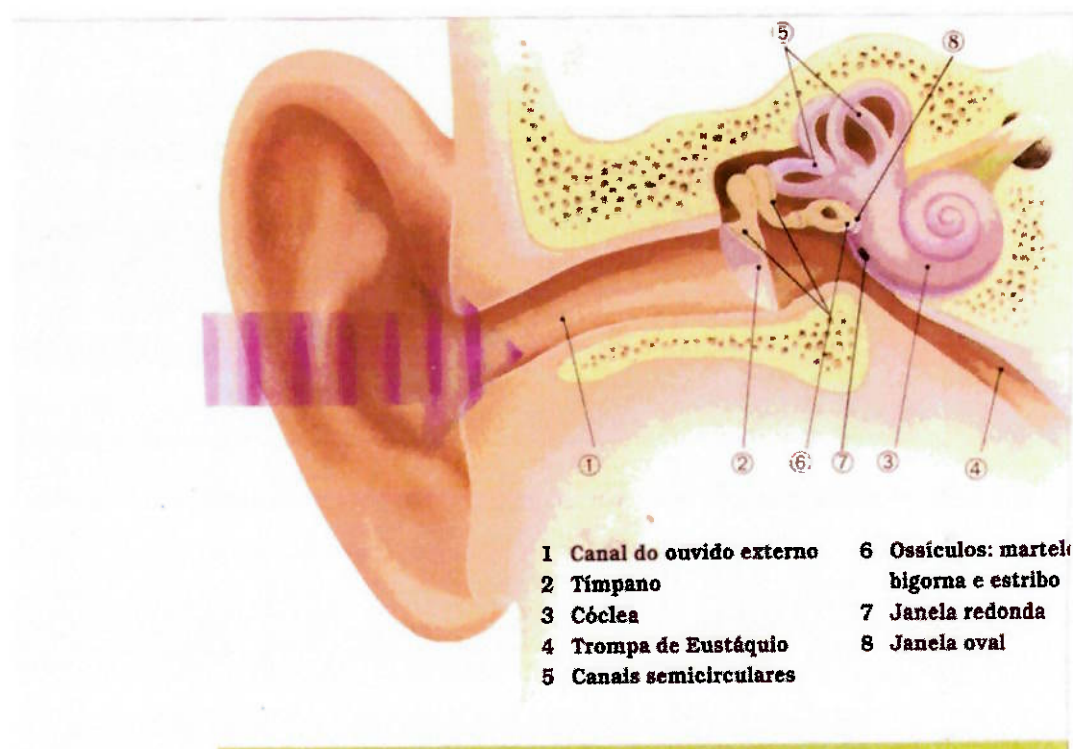


Fig. 8 – Estrutura da orelha humana.

Fonte: (Artigo disponível em [www.iup.org.br](http://www.iup.org.br))

Esse fluido transmite as vibrações das ondas sonoras para o duto coclear, que é o terceiro canal da cóclea, onde estão localizadas as células sensoriais, dispostas como o teclado de um piano. As vibrações das ondas sonoras funcionam como os dedos de um pianista, estimulando cada uma dessas células, que transformam esse movimento em impulsos elétricos (energia eletro-química).

São milhares dessas células dispostas em todo o canal interno da cóclea e, cada uma é especialmente projetada para ser sensibilizada por uma vibração de uma só frequência, começando com aquelas que vibram com ondas de 16 vibrações por segundo e terminando com as ondas que alcançam 20.000 vibrações por segundo.

Por esse motivo é que não somos capazes de ouvir todas as frequências sonoras, mas apenas aqueles que estão nessa faixa sonora, que vai dos 16 Hz, correspondente ao mais grave som do violoncelo, até os 20.000 Hz, que corresponde ao mais agudo som do violino. Essa energia eletro-química em forma de pulsos elétricos viaja até o córtex auditivo, no cérebro, por meio do nervo coclear. Só nesse momento é que começa a ocorrer o processo de entendimento sonoro, ou seja, só a partir daí é que ouvimos.

### **3.2 A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído ao Trabalho**

Existe consenso na literatura de que o tempo de atuação em ocupações profissionais sujeitas à exposição ao ruído está associado ao aparecimento de Perda da Audição Induzida por Ruído (PAIR).

É por demais conhecido o efeito principal da exposição crônica ao ruído excessivo: a perda auditiva. Esta exposição, porém, não se limita ao trabalho – o serviço militar, o lazer e o esporte são também fatores importantes na causalidade deste tipo de perda auditiva.

Com o intuito de diferenciar, pelo menos etiologicamente, as perdas auditivas relacionadas ao trabalho, o Comitê de Ruído e Conservação de Audição do American College of Occupational Medicine (1989 apud MENDES, 1999) “[...] definiu a perda auditiva induzida pelo ruído como uma perda auditiva geralmente bilateral, permanente, de desenvolvimento lento e progressivo ao longo de muitos anos, como resultado de exposições a ruído forte, contínuo ou intermitente.”

Segundo AMERICAN COLLEGE OF OCCUPATIONAL MEDICINE 1989 apud MENDES (1999), caracteriza-se por ser sempre neurosensorial, afetando as células da orelha interna; ser quase sempre bilateral. Normalmente, os limites para as perdas em baixas frequências estão em torno de 40db e em altas frequências em torno de 75 db. Com a descontinuidade da exposição, não há progressão significativa na perda auditiva, resultante da exposição ao ruído.

Segundo o Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva, (1989 apud Mendes, 1999, p. 367), órgão interdisciplinar composto por membros indicados pela Associação Nacional de Medicina do Trabalho (ANAMT) e pelas Sociedades Brasileiras de

Acústica (SOBRAC), Fonoaudiologia (SBF) e Otorrinolaringologia (SBOEL), “a perda auditiva induzida pelo ruído relacionado ao trabalho, diferentemente do trauma acústico, é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição a níveis elevados de ruído.”

A PAIR manifesta-se, primeira e predominantemente, nas frequências de 6, 4 ou 3KHz e, com o agravamento da lesão, estende-se às frequências de 8, 3, 1, 0,5 e 0,25 KHz, as quais levam mais tempo para serem comprometidas.

Tratando-se de uma patologia coclear, pode apresentar intolerância a sons intensos e zumbidos, comprometendo a inteligibilidade da fala em prejuízo do processo de comunicação.

A PAIR não torna a orelha mais sensível a futuras exposições a ruídos intensos. À medida que os limiares auditivos aumentam, a progressão da perda torna-se mais lenta.

Pesquisas sugerem que a PAIR pode ser potencializada através da exposição simultânea do trabalhador a ruídos intensos e outros agentes, tais como produtos químicos e vibrações. Da mesma forma, o trabalhador que ingere ototóxicos<sup>1</sup> ou é portador de doenças como diabetes, pode ter sua susceptibilidade ao ruído aumentada.

Os danos mais precoces da orelha interna refletem uma perda em 3.000, 4.000 e 6.000 hertz. Sempre há uma perda muito mais acentuada nestas frequências que em 500, 1.000 e 2.000 hertz. A maior perda ocorre comumente em 4.000 hertz. As frequências mais altas e as mais baixas levam mais tempo para serem afetadas que as compreendidas entre as de 4.000 e 6.000 hertz.

A exposição contínua a ruído ao longo de anos é mais prejudicial que exposições interrompidas, o que, permite à orelha um período de repouso.

A perda auditiva induzida pelo ruído pode ser classificada em três tipos:

---

<sup>1</sup> Ototóxicos: são medicamentos ou substâncias que atuam de forma prejudicial ou desfavorável ao ouvido interno.

- o trauma acústico que é a perda auditiva de instalação súbita, provocada por ruído repentino e de grande intensidade, como uma explosão ou uma detonação;
- a perda auditiva temporária que ocorre após a exposição a ruído intenso, por um curto período de tempo e
- a perda permanente: a exposição repetida, dia após dia, ao ruído excessivo, pode levar, ao cabo de alguns anos, a uma perda auditiva irreversível. De instalação lenta e progressiva, passa despercebida por muito tempo. Geralmente, a pessoa só se dá conta da deficiência quando as lesões já estão avançadas. A perda auditiva relaciona-se a um grau de destruição menor ou maior de setores do órgão de Corti, com a maior concentração de lesões situada na espira basal da cóclea

Por muito tempo acreditou-se existir uma correspondência direta entre a perda temporária e a permanente. Segundo Mendes (1999), hoje em dia sabe-se que um ruído capaz de provocar uma perda temporária será capaz de provocar uma perda permanente, após longa exposição. Entretanto, os mecanismos de perda são distintos nas duas situações, e as alterações observadas no órgão de Corti são de natureza diferente.

Outras queixas importantes dos trabalhadores expostos ao ruído são os zumbidos, que podem prejudicar a indução do sono e por vezes chegam a níveis insuportáveis e o recrutamento que é a sensação de incômodo para sons de alta intensidade. No recrutamento, a percepção de “altura” do som cresce de modo anormalmente rápido, à medida que a intensidade aumenta.

### **3.3 Conseqüências ao Trabalhador**

A PAIR interfere na qualidade de vida do trabalhador, pois, além da incapacidade auditiva, que influencia na percepção do indivíduo em relação à fala em ambientes ruidosos, televisão, rádio, cinema, teatro, sinais sonoros de alerta, música e sons ambientais, também traz conseqüências não auditivas da perda, influenciada por fatores psicossociais e ambientais. Dentre elas destacam-se estresse, ansiedade, isolamento e auto-imagem pobre, as quais comprometem as relações do indivíduo na família, no trabalho e na sociedade, prejudicando o desempenho de suas atividades de vida diária.

Sendo a PAIR uma patologia que atinge um número cada vez maior de trabalhadores em nossa realidade e tendo em vista o prejuízo que causa ao processo de comunicação, além das implicações psicossociais que interferem e sobremaneira alteram a qualidade de vida de seu portador, é imprescindível que todos os esforços sejam feitos no sentido de evitar a sua instalação. A PAIR é um comprometimento auditivo neurossensorial sério, todavia pode e deve ser prevenida.

### **3.4 Enfoque da Legislação em Relação ao Ruído**

Limite de Tolerância, segundo o item 15.1.5 da NR-15, é a concentração ou intensidade máxima ou mínima relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral. No caso do ruído, o Anexo 1, da NR-15 apresenta uma tabela com os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, ou seja, o tempo máximo de exposição ao ruído sem o uso de protetor auricular.

Do mesmo modo, para fins de Aposentadoria Especial, a Instrução Normativa INSS / DC Nº 118, de 14 de abril de 2005, publicado no DOU em 18/04/2005, em seu item V, considera a adoção de Equipamento de Proteção Individual - EPI que atenua a nocividade aos limites de tolerância, desde que respeitado o disposto na NR-06 do MTE e assegurada e devidamente registrada pela empresa a observância:

- da hierarquia estabelecida no item 9.3.5.4 da NR-09 do MTE (medidas de proteção coletiva, medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho e utilização de EPI, nesta ordem, admitindo-se a utilização de EPI somente em situações de inviabilidade técnica, insuficiência ou interinidade à implementação do EPC ou, ainda, em caráter complementar ou emergencial);
- das condições de funcionamento e do uso ininterrupto do EPI ao longo do tempo, conforme especificação técnica do fabricante, ajustada às condições de campo;
- do prazo de validade, conforme Certificado de Aprovação do MTE;
- da periodicidade de troca definida pelos programas ambientais, comprovada mediante recibo assinado pelo usuário em época própria e da higienização.

## 4. PROTETORES AURICULARES

EPI eficaz é aquele que leva em consideração não somente o conforto ao usuário mas também outros aspectos do ambiente de trabalho e do próprio EPI.

### 4.1 Requisitos para Escolha de Protetores Auriculares

Para a escolha do protetor auditivo, na grande maioria das empresas, devido ao custo do equipamento de medição de bandas de oitava, leva-se em consideração apenas o nível de ruído do local de trabalho. A implantação de medidas de controle através de utilização de protetores auriculares deve levar em consideração vários aspectos:

- **Educação:** o trabalhador precisa ser informado através de campanhas de educação, motivação e orientações quanto ao uso adequado do protetor, incentivando-o ao uso constante do protetor durante toda a jornada de trabalho;
- **Atenuação do ruído:** A eficácia do protetor pode ser avaliada em função dos níveis de ruído do ambiente por bandas de frequência ou pela dosimetria do ruído;
- **Higiene:** Os tampões devem ser higienizados periodicamente, ou podem provocar infecções ou doenças no ouvido.
- **Investimento:** Devem ser considerados os custos da gestão dos EPIs, como aquisição, manutenção, reposição, administração (pedido de compra, documentação), definição (exames, etc), custos de conscientização e educação (palestras, treinamentos, campanhas, cartilhas e outros).
- **Conforto:** O conforto é que define a escolha do trabalhador, implicando na continuidade do uso e na necessidade de disponibilizar diferentes tipos de EPI. O desconforto surge como decorrência da firmeza com que os protetores devem ser colocados, bem como do tamanho, peso e restrições de movimento.
- **Segurança:** Todos os protetores auriculares são projetados para minimizar os riscos de lesões a seus usuários, não podendo ser um perigo a mais ao trabalhador e por isso não podem ser fabricados com componentes pontiagudos

ou serem fabricados com material granulado que podem se desprender e contaminar o ouvido.

- **Efeito na direção:** Segundo Araújo; Regazzi (2002, p. 151), a distância entre o ouvido direito e esquerdo permite termos noção da direção da fonte de ruído. Se a sensação de localização for importante para a segurança, o uso de tampões deverá ser a melhor opção. Pessoas que estejam utilizando o protetor auditivo tipo concha perdem um pouco do senso de localização das fontes de ruído. No caso dos tampões de ouvido, por não cobrirem todo o ouvido externo, o efeito é menor, sendo que o senso de localização ocorre no cérebro por processo de correlação cruzada.
- **Efeito na comunicação verbal:** as atenuações dos protetores não devem interferir na comunicação entre pessoas. “Em ambientes com níveis de ruído em torno de 95dB(A), em faixas de frequência distintas da faixa da fala humana, as atenuações dos protetores não devem interferir, e na realidade podem até melhorar a inteligibilidade da comunicação.”(GERGES, 2003, p. 110).
- **Identificação de sinais de alarme:** os sinais de alarme devem permitir que as pessoas sejam adequadamente alertadas no caso de risco. Para isso, os alarmes devem ser sonoros e visuais, como sinalização luminosa e colorida.

## 4.2 Classificação dos Protetores Auriculares

Há vários tipos de protetores auriculares, o que facilita a escolha pelo usuário, pois ele pode adequar o protetor as suas preferências. A seguir serão descritas as principais características de cada um dos protetores auriculares considerados neste trabalho:

### 4.2.1 Protetores Auditivos de Inserção – Pré Moldados

Os protetores de inserção pré-moldados devem ser fabricados com materiais atóxicos e elásticos para que rapidamente se adaptem às diversas formas de canais do ouvido, e garantindo que a forma do protetor não se altere com o uso durante longos períodos. Podem ser de diferentes materiais: borracha, silicone, PVC, termoplásticos entre outros, sempre com superfície lisa, para não lesionar o conduto auditivo do usuário.

Existem vários modelos de protetores de inserção pré-moldados; alguns modelos são encontrados em até 5 tamanhos diferentes mas na prática, segundo Gerges (2003, p.53), “o tamanho médio atende à 75% da população masculina.”

Gabas (2004, p. 45) apresenta as vantagens dos protetores auditivos pré-moldados como:

- “Diversos modelos;
- Compatíveis com outros equipamentos, como capacetes, óculos, respiradores, etc.;
- Reutilizáveis ou descartáveis;
- Pequenos e facilmente transportados e guardados;
- Relativamente confortáveis em ambiente quente;
- Não restringem movimentos em áreas muito pequenas;
- Podem ser utilizados por pessoas com cabelos longos, barba e cicatrizes sem interferência na vedação.”

Entre as desvantagens, a mesma autora cita:

- “Movimentos (fala, mastigação) podem deslocar o protetor prejudicando a atenuação;
- Necessidade de treinamento específico;
- Bons níveis de atenuação dependem de boa colocação;
- Só podem ser utilizados em canais auditivos saudáveis;
- Fáceis de perder;
- Menor durabilidade.” (GABAS, 2004, p. 45).

- Para ser eficiente, o protetor de inserção deve ser colocado firmemente, o que pode torná-lo desconfortável.
- As irregularidades apresentadas no canal do ouvido em um grande número de pessoas podem dificultar a fixação adequada de tampões.
- Existem alguns problemas com higiene, e na prática, os tampões podem perder a elasticidade com as lavagens periódicas.

#### **4.2.2 Protetores Auditivos de Inserção Moldáveis ou Auto-Moldáveis**

Adaptam-se ao canal auditivo do usuário, independentemente do tamanho ou formato do canal, pois são feitos em espuma lisa moldável.

As vantagens dos protetores de inserção moldáveis são;

- “Podem ser utilizados por pessoas com cabelos longos, barba e cicatrizes, sem interferência na vedação;
- Ajustam - se bem a todos os tamanhos de canal auditivos;
- Compatíveis com outros equipamentos como capacetes, óculos, respiradores, etc;
- Descartáveis e de baixo custo;
- Pequenos e facilmente transportados e guardados;
- Relativamente confortáveis em ambiente quente;
- Não restringem movimentos em áreas muito pequenas;
- Quando colocados corretamente, proporcionam excelente vedação no canal auditivo.” (GABAS, 2004, p. 45).

As desvantagens são:

- “Movimentos (fala e mastigação) podem deslocar o protetor, prejudicando a atenuação;

- Necessidade de treinamento específico para a colocação;
- Bons níveis de atenuação dependem de boa colocação;
- Não é recomendável o manuseio se o usuário estiver com as mãos sujas;
- Só podem ser utilizados em canais auditivos saudáveis;
- Fáceis de perder;
- Menor durabilidade.” (GABAS, 2004, p. 45-46).

#### **4.2.3 Protetores Auditivos Tipo Concha**

Os protetores auditivos tipo concha são fabricados com materiais rígidos, revestidos com almofadas circulares de espuma especialmente projetadas para cobrir completamente as orelhas proporcionando um ajuste confortável da concha ao rosto do usuário. Podem ser acopláveis a capacetes. A atenuação é influenciada diretamente pela pressão que a haste flexível exerce sobre os dois lados da cabeça. Esta pressão deve ser distribuída de modo a permitir, simultaneamente, a atenuação e o conforto ao usuário.

Quando protetores tipo concha e capacete forem utilizados conjuntamente, ambos devem ser construídos de modo que cada uma atenda a seus objetivos sem que haja interferência de um sobre o outro.

Segundo Gabas (2004), as vantagens em relação ao uso dos protetores tipo concha são:

- Único tamanho serve para todos os biótipos;
- Utilização simples e rápida colocação;
- Pode ser utilizado mesmo por pessoas com infecções mínimas no canal auditivo;
- Atenuação uniforme nas duas conchas;
- Partes substituíveis: possuem várias peças de reposição;
- Higiênicos, podem ser utilizados em canais auditivos doentes, desde que permitido pelo médico responsável;

- Podem ser utilizados em áreas muito sujas;
- Para usuários que circulam alternadamente por zonas ruidosas e zonas silenciosas nas quais o protetor pode ser removido e colocado facilmente;
- Maior proteção se comparado aos demais protetores;
- Fácil fiscalização do uso.

As desvantagens são:

- “Desconforto em áreas quente;
- Dificuldade em carregar e guardar devido ao seu tamanho;
- Pode interferir com outros equipamentos de proteção como óculos, capacete, etc;
- Pode restringir movimentos da cabeça;
- Pressão das conchas pode ser desconfortável para 8 horas de jornada de trabalho;
- Cabelos longos, barba, uso de óculos, cavidades profundas na região entre o maxilar e o pescoço prejudicarão a atenuação” (GABAS, 2004, p.47).

#### **4.3 Atenuação dos Protetores Auriculares**

As principais normas internacionais usadas para ensaio de atenuação de protetores auditivos são: ANSI S3.19 - 1974; ANSI S12.6 - 1984, ANSI S12.6 - 1997 - partes A e B e ISO 4869-1:1990 (EN-24869-1:1992). Estas normas prevêm a obtenção de valores de atenuação e desvio-padrão (ambos dados em dB) dos protetores em bandas de frequências de 1/1 oitava.

Na norma ANSI S3.19 - 1974 [ANSI S12.6-1984] os participantes do ensaio eram indivíduos treinados na utilização de protetores, orientados e supervisionados na sua colocação antes da realização dos ensaios e o número único indicativo da atenuação do ruído é o NRRsf.

Na norma mais moderna (ANSI S12.6 - 1997 - parte B), os participantes do ensaio são pessoas que desconhecem o uso de protetores, assim como não podem ser orientadas para a sua colocação, devendo apenas seguir as orientações que constam nas embalagens nas quais o produto é comercializado. Os estudos mostram que os valores das atenuações obtidas se aproximam mais da atenuação em uso real. Para este método. Sendo assim, estes novos valores da atenuação não refletem uma alteração nos protetores auditivos, mas uma alteração na forma de se realizar os ensaios.

“ [...] é conceitualmente incorreto afirmar que um determinado indivíduo tenha atenuação igual ao NRRsf, ou mesmo que a atenuação seja ‘em média’ igual a este valor. Atenuações individuais podem ser muito superiores (ou inferiores) aos valores reportados. Considerando o método de cálculo e o parâmetro de um desvio-padrão utilizado no cálculo do NRRsf, a interpretação estatística correta deste número é que, nas condições observadas em uso real nos ambientes de trabalho, pelo menos 84% da população de usuários deverá obter uma atenuação de pelo menos o valor do NRRsf”.  
**(Informação pessoal)**<sup>2</sup>.

Em relação à atenuação dos EPI, Kwitko (1993, p.68 ) esclarece que “na seleção de um EPI auditivo, o cálculo da atenuação do ruído é fator importante [...]. A efetividade do EPI depende tanto da frequência e do nível de exposição ao ruído.”

---

<sup>2</sup> LISTA de discussão do Fórum Grupo CIPA. Disponível em: <[http://www.sisp.tmp.br/forum/topic.asp?TOPIC\\_ID=735](http://www.sisp.tmp.br/forum/topic.asp?TOPIC_ID=735)>. Acesso em: 27 ago. 2005.

## 5 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido, seguindo uma seqüência lógica: foi contextualizado o local de estudo; foram descritos os equipamentos de medição utilizados e, também, os protetores auriculares que atualmente são distribuídos aos empregados. A seguir são tabuladas as medições que foram efetuadas, bem como os resultados obtidos com a aplicação do método longo e do método simples.

### 5.1 Descrição da Área em Estudo

Para questionar os critérios de escolha dos protetores auriculares, foi necessário conhecer o espectro do ruído por faixas de oitava de uma situação concreta, e calcular a atenuação em cada faixa, comparando com as curvas de atenuação do ruído, fornecido pelos fabricantes dos protetores auriculares. Foi escolhida uma grande indústria petroquímica para a realização das medições.

Esta indústria é composta por 13 Gerencias e cada Gerência é composta por Gerências Setoriais. A medição foi realizada na Gerência Setorial de Utilidades, diretamente subordinada à Gerência de Produção.

A Gerência Setorial de Utilidades produz e distribui os seguintes produtos: energia elétrica, vapor de alta pressão, vapor de média pressão, vapor de baixa pressão, ar comprimido (ar de serviço e de instrumentos), água de alta pressão, água de média pressão, água bruta e águas tratadas (industrial, potável, de máquinas, de resfriamento, desmineralizada e filtrada).

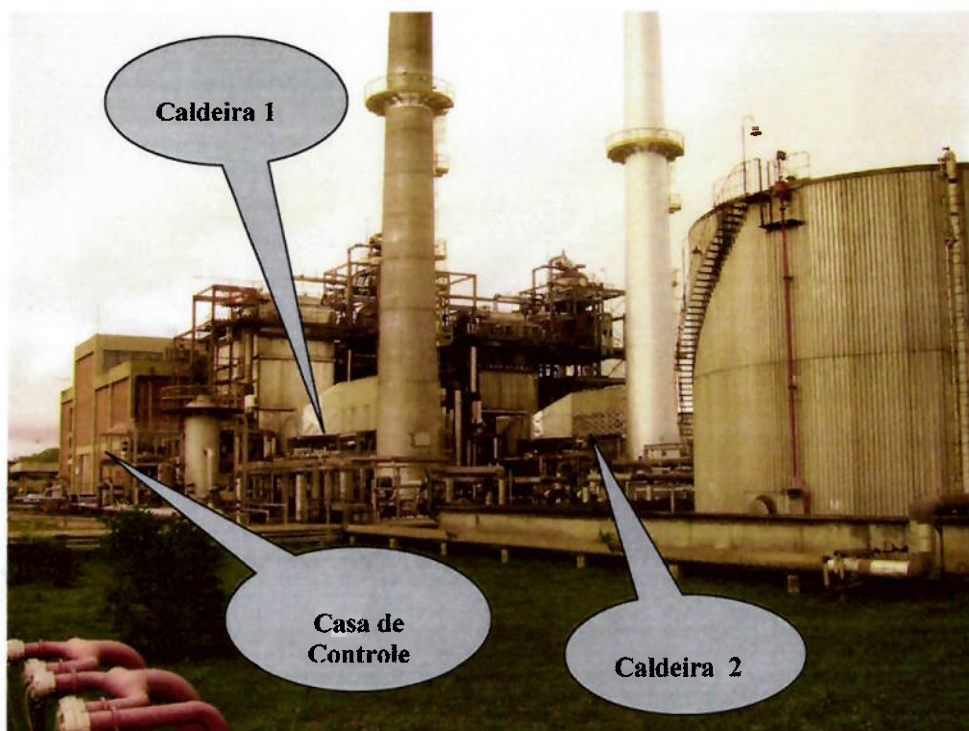


Fig. 9 – Vista parcial do Setor de Utilidades

### 5.1.1. Proteção Auditiva Utilizada na Área em Estudo

No local estudado, são utilizados quatro tipos de protetores auriculares: silicone, espuma moldável, concha e concha acoplado ao capacete. Os dados de atenuação média e respectivos desvios-padrão fornecidos pelos fabricantes, são mostrados a seguir:

Tabela 3 – Atenuação do protetor silicone

<b>Protetor tipo silicone</b>		
<b>Modelo: Pomp – Fabricante: Pomp Produtos Hosp e de Seg no Trab</b>		
<b>Freqüência Hz</b>	<b>Atenuação média dB</b>	<b>Desvio-padrão dB</b>
125	21,9	7,6
250	23,3	8
500	25,2	8,8
1000	25,1	7,8
2000	29,5	7,1
4000	31,1	11,6
8000	38	11,6



Fig. 10 – Fotografia dos protetores de silicone tamanhos: P, M, G.

Tabela 4 – Atenuação do protetor espuma moldável

<b>Protetor tipo espuma moldável</b>		
<b>Modelo: 1110- Marca: 3M do Brasil Ltda</b>		
<b>Frequência Hz</b>	<b>Atenuação média dB</b>	<b>Desvio-padrão dB</b>
125	16,2	6,2
250	16,3	7,9
500	17,9	7,8
1000	21,5	6,6
2000	31,5	5,6
4000	35,6	6,7
8000	37,1	6,1



Fig. 11 – Fotografia do protetor de espuma moldável.

Tabela 5 – Atenuação do protetor concha

<b>Protetor tipo concha</b>		
<b>Modelo: Mark V – Fabricante: MSA do Brasil</b>		
<b>Frequência Hz</b>	<b>Atenuação média dB</b>	<b>Desvio-padrão dB</b>
125	10,7	3,8
250	18,5	2,5
500	23,2	2,2
1000	28,8	2,7
2000	33	3,2
4000	32,8	2,4
8000	34,3	4,8



Fig. 12 – Fotografia do protetor concha.

Tabela 6 – Atenuação do protetor concha conjugado ao capacete

<b>Protetor tipo concha conjugado em capacete</b>		
<b>Frequência - Hz</b>	<b>Atenuação média d(B)</b>	<b>Desvio-padrão d(B)</b>
125	8,7	4,1
250	15,6	5,3
500	23,6	3,7
1000	29,5	5,1
2000	29,5	5,8
4000	22,1	4,3
8000	25,7	4,4



Fig. 13 – Fotografia do protetor concha conjugado ao capacete

Fonte: página da MSA

As cópias dos certificados de aprovação dos protetores auriculares acima descritos estão disponíveis na página do Ministério do Trabalho, <http://www.mte.gov.br/>.

## **5.2 Medições**

Para avaliar a eficiência dos protetores auriculares, foi medido o ruído em 03 locais de trabalho, utilizando-se um medidor de NPS com módulo em bandas de oitava de frequência. Em seguida, foi aplicado o método longo nos resultados das medições. Estes resultados serão mostrados ao final deste capítulo.

### **5.2.1 Equipamentos de Medição**

Para a obtenção dos níveis de ruído, em bandas de oitava de frequência, foi utilizado o seguinte equipamento:

#### **Medidor de nível de pressão sonora, modelo 2900, com módulo de frequência.**

Marca: Quest Technologies

Tipo: 2: ANSI.4-1983, IEC 651-1979, IEC 804-1985

Número de série: CD 6090001

Certificado de calibração nº 370-2005, emitido em fevereiro de 2005, por Almont do Brasil

#### **Calibrador Quest , modelo QC-10**

IEC 942: 1988, classe 1

Certificado de calibração nº 7735, de 01 de abril de 2004, emitido pela Chrompack Instrumentos Científicos Ltda.

### 5.2.2 Obtenção das Medições

As medições dos níveis de banda de oitava em dB(A) no Setor de Utilidades foram realizadas em 08 de junho de 2005. Devido a grande quantidade de equipamentos, foram escolhidos, aleatoriamente, três locais, um em cada nível, para fazer as medições. Os locais escolhidos são os mais críticos em termos de ruído, segundo dados de avaliações ambientais anteriormente realizadas.



Fig. 14 – Local das medições próximo ao GV 5602



Fig. 15 – Local das medições próximo ao P 5607.



Fig. 16 – Local das medições no subsolo.

Os níveis de ruído não oscilam muito ao longo do tempo, tendo um comportamento constante, com níveis discretos e bem direcionados, já que os equipamentos são mantidos ligados durante 24 por dia, sem variação de rotação. Devido a isso, julgou-se que uma série de medições é representativa dos NPS em toda a jornada de trabalho.

As leituras foram feitas a 1,20 m do chão, conforme NBR – 10151, utilizando um tripé. O distanciamento em relação aos equipamentos foi aleatório, em local de passagem dos operadores daquela área.



Fig. 17 – Fotografia da realização das medições

Tabela 7 – Resultados das medições realizadas em campo

Local	Frequência Hz									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
<b>GV-5602</b>	49,4	61,3	72,5	74,3	79,1	84,8	90,2	93,1	92,3	84,4
<b>P-5607</b>	51,8	66,3	69,7	73,7	78,8	85,3	92,0	97,3	96,0	89,0
<b>Subsolo</b>	40,2	53,1	58,4	57,9	62,4	68,1	73,6	77,3	77,0	73,2

Este resultado será denominado como níveis em banda de oitava nas tabelas de cálculo e foram comparados aos valores de atenuação que são fornecidos pelo fabricante.

### 5.3 Resultados e Discussão

A comparação foi feita, utilizando dois métodos: o método longo e o método curto ou simples.

#### 5.3.1 Método Longo

O Método Longo é uma seqüência de cálculos em que a atenuação dos protetores auriculares por frequência fornecida pelos fabricantes é subtraída dos níveis de pressão sonora distribuídos por faixas de oitava em 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 e 16000 Hz medidos em campo.

A atenuação em cada faixa de oitava fornecida pelos fabricantes dos protetores auriculares foi subtraída dos níveis de banda de oitava em dB(A) que foram medidos nos locais analisados. Os resultados foram compostos em um único número, utilizando a equação 2:

$$L_{pA} = 10 \log (\sum^{10} L_i / 10) \quad (2)$$

Onde:

$L_{pA}$ : nível de pressão sonora em dB(A) após a atenuação do protetor auricular

$L_i$ : nível de pressão sonora em cada banda de oitava em dB(A)

Nos cálculos, foi feita subtração de dois desvios-padrão, o que significa, estatisticamente, que a expectativa é de que 97% dos protetores auriculares tenham desempenho superior ao calculado, isto é, a atenuação seja superior à calculada. Segundo Simão et al. (1987), caso tivesse sido feito com um desvio-padrão, significaria que 84% dos protetores auriculares teriam desempenho superior a esse valor; por outro lado, se tivesse sido usada a atenuação média (sem subtrair o desvio-padrão) estaria sendo admitido que 50% dos protetores auriculares teriam melhor atenuação que o valor encontrado e 50% teriam valor pior.

Os cálculos dos níveis em dB(A), por banda de oitava, após a atenuação de cada tipo de protetor auricular, encontram-se nas tabelas abaixo, seguidos dos gráficos que mostram as curvas de atenuação de cada tipo de protetor auricular. .

Na seqüência dos cálculos, há a seguinte notação:

- **Níveis em banda de oitava dB(A):** são valores medidos em campo
- **Atenuação do protetor auricular dB:** são valores fornecidos pelo fabricante
- **Desvio padrão em dB:** são valores fornecidos pelo fabricante
- **Proteção assumida em dB do protetor:** são valores calculados a partir dos anteriores
- **Níveis de ruído assumidos com o protetor dB(A):** valores calculados a partir dos anteriores
- **Nível avaliado:** é o valor global dos níveis em banda de oitava medidos em campo
- **Nível atenuado:** é o valor global dos níveis assumidos com o protetor auricular
- **Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A):** subtração algébrica dos níveis avaliados e atenuados

Tabela 8 – Cálculos de atenuação do protetor de silicone no local de medição GV 5602

PROTETOR DE SILICONE										
Local de medição: GV 5602										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	49,4	61,3	72,5	74,3	79,1	84,8	90,2	93,1	92,3	84,4
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	21,9	23,3	25,2	25,1	29,5	31,1	38	-
Desvio padrão em dB	-	-	7,6	8,0	8,8	6,6	5,6	6,7	6,1	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	6,7	7,3	7,6	11,9	18,3	17,7	25,8	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	65,8	67	71,5	72,9	71,9	75,4	66,5	-
Nível avaliado	97,2									
Nível atenuado	79,9									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	17,3									

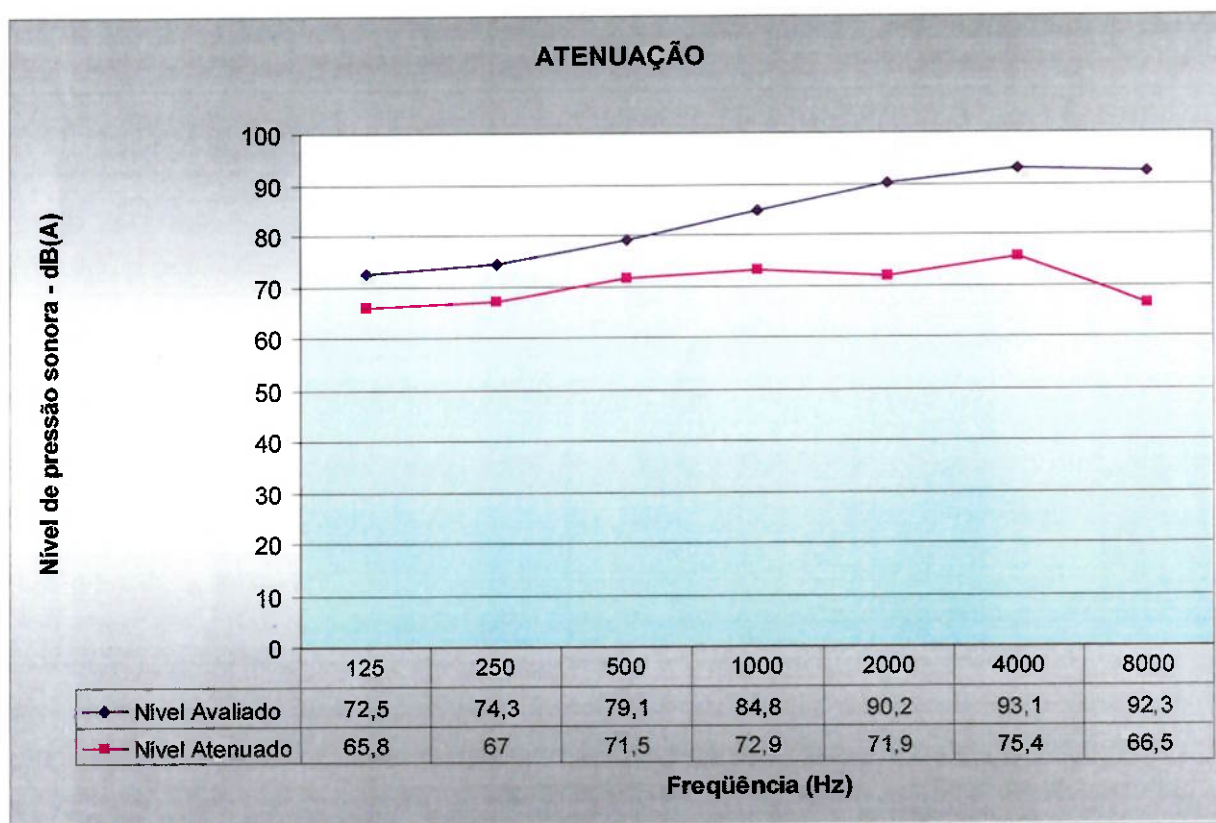


Fig. 18 – Gráfico de atenuação do protetor de silicone no local de medição GV-5602.

**Comentário:** A curva de nível atenuado demonstra que entre 125 Hz e 500 Hz há uma atenuação constante, aumentando a partir de 1000 Hz.

Tabela 9 – Cálculos de atenuação do protetor de silicone no local de medição P-5607

PROTETOR DE SILICONE										
Local de medição: P-5607										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	51,8	66,3	69,7	73,7	78,8	85,3	92	97,3	96	89
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	21,9	23,3	25,2	25,1	29,5	31,1	38	-
Desvio padrão em dB	-	-	7,6	8,0	8,8	6,6	5,6	6,7	6,1	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	6,7	7,3	7,6	11,9	18,3	17,7	25,8	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	63	66,4	71,2	73,4	73,7	79,6	70,2	-
Nível avaliado	100,6									
Nível atenuado	82,2									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	18,3									

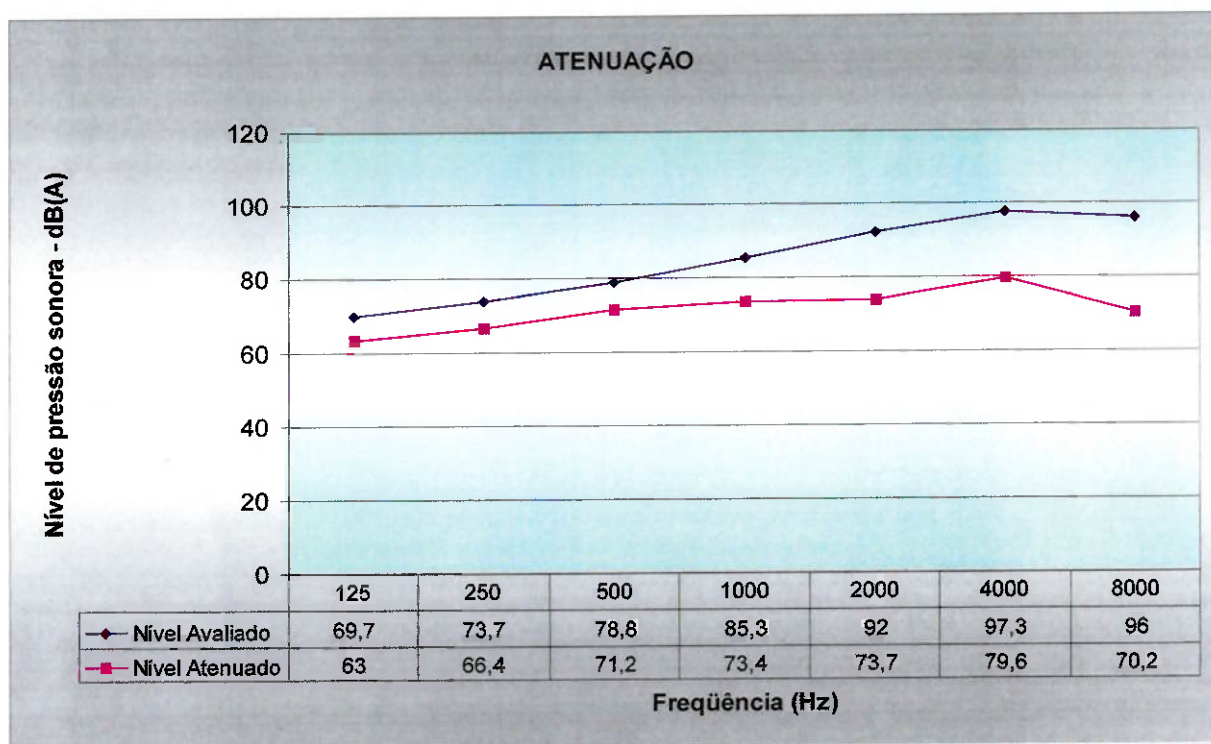


Fig. 19 – Gráfico de atenuação do protetor de silicone no local de medição P-5607

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que entre 125 Hz e 500 Hz há uma atenuação constante, aumentando a partir de 1000 Hz.

Tabela 10 – Cálculos de atenuação do protetor de silicone no local de medição subsolo

PROTETOR DE SILICONE										
Local de medição: Sub-solo										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	40,2	53,1	58,4	57,9	62,4	68,1	73,6	77,3	77	73,2
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	21,9	23,3	25,2	25,1	29,5	31,1	38	-
Desvio padrão em dB	-	-	7,6	8,0	8,8	6,6	5,6	6,7	6,1	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	6,7	7,3	7,6	11,9	18,3	17,7	25,8	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	51,7	50,6	54,8	56,2	55,3	59,6	51,2	-
Nível avaliado	81,3									
Nível atenuado	63,7									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	17,6									

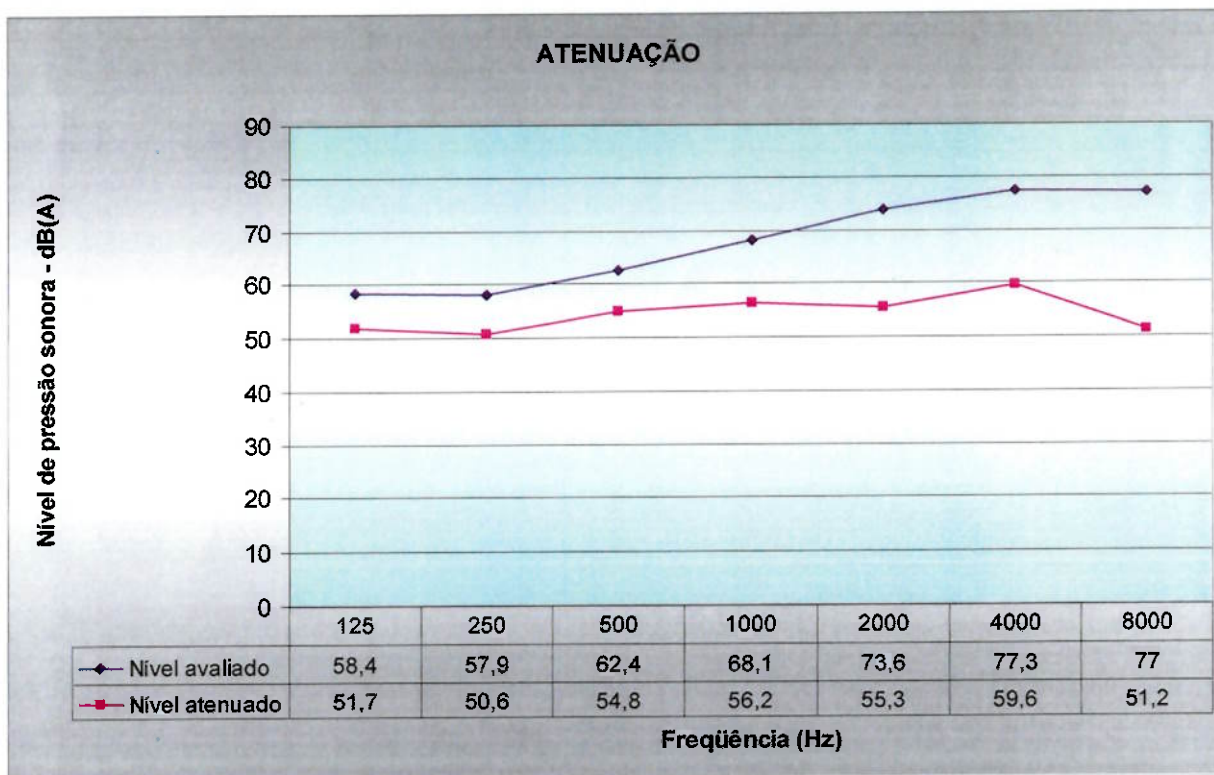


Fig. 20 – Gráfico de atenuação do protetor de silicone no local de medição subsolo.

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que entre 125 Hz e 500 Hz há uma atenuação constante, aumentando a partir de 1000 Hz.

Tabela 11 – Cálculos de atenuação do protetor de espuma no local de medição GV-5602

PROTETOR DE ESPUMA										
Local de medição: GV-5602										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Análise da frequência em dB(A)	49,4	61,3	72,5	74,3	79,1	84,8	90,2	93,1	92,3	84,4
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	16,2	16,3	17,9	21,5	31,5	35,6	37,1	-
Desvio padrão em dB	-	-	6,2	7,9	7,8	6,6	5,6	6,7	6,1	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	3,8	0,5	2,3	8,3	20,3	22,2	24,9	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	68,7	73,8	76,8	76,5	69,9	70,9	67,4	-
Nível avaliado	97,2									
Nível atenuado	81,8									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	15,4									

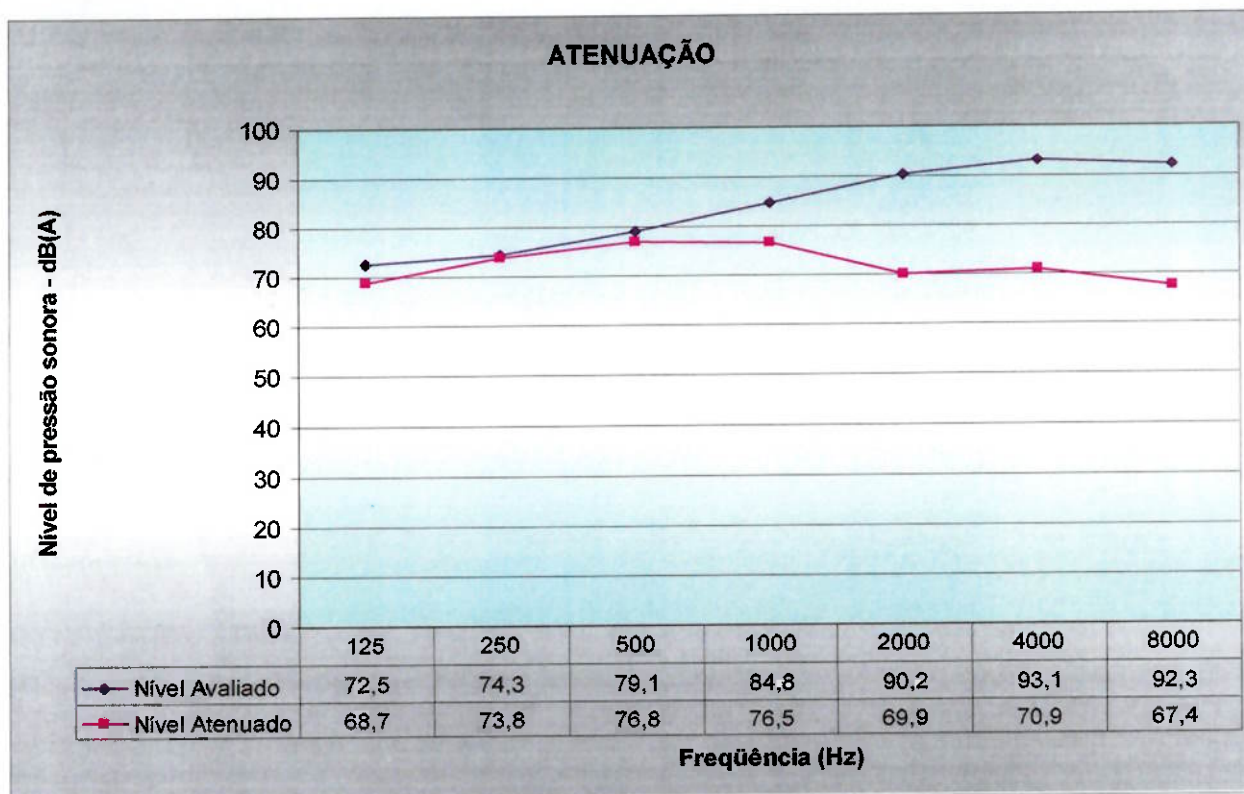


Fig. 21 – Gráfico de atenuação do protetor de espuma no local de medição GV-5602

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 1000 Hz há um ganho significativo de atenuação, aumentando para 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz.

Tabela 12 – Cálculos de atenuação do protetor de espuma no local de medição P-5607

PROTETOR DE ESPUMA										
Local de medição: P 5607										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Análise da frequência em dB(A)	51,8	66,3	69,7	73,7	78,8	85,3	92	97,3	96	89
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	16,2	16,3	17,9	21,5	31,5	35,6	37,1	-
Desvio padrão em dB	-	-	6,2	7,9	7,8	6,6	5,6	6,7	6,1	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	3,8	0,5	2,3	8,3	20,3	22,2	24,9	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	65,9	73,2	76,5	77	71,7	75,1	71,1	-
Nível avaliado	100,6									
Nível atenuado	82,5									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	18,0									

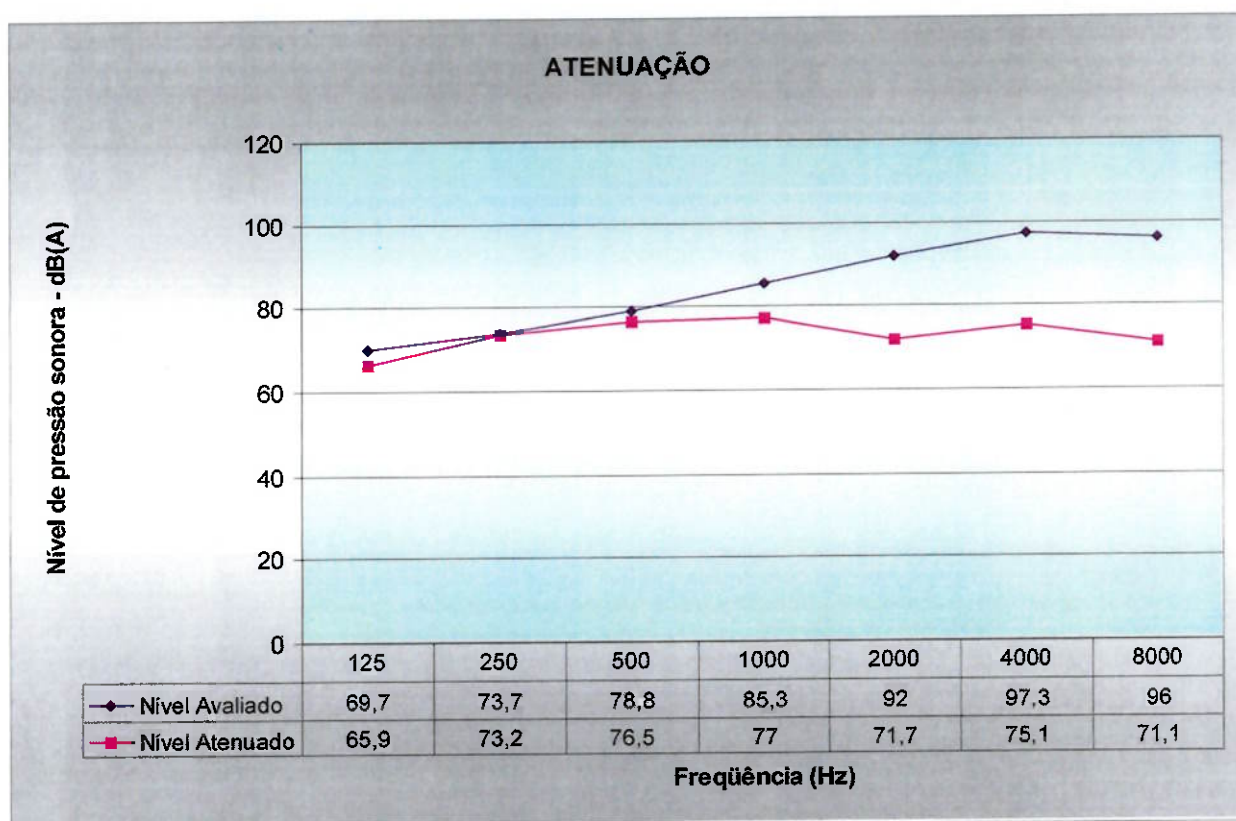


Fig. 22 – Gráfico de atenuação do protetor de espuma no local de medição P-5607

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 1000 Hz há um ganho de atenuação, aumentando significativamente para 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz.

Tabela 13 – Cálculos de atenuação do protetor de espuma no local de medição subsolo

PROTETOR DE ESPUMA										
Local de medição: Sub-solo										
Freqüência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	40,2	53,1	58,4	57,9	62,4	68,1	73,6	77,3	77	73,2
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	16,2	16,3	17,9	21,5	31,5	35,6	37,1	-
Desvio padrão em dB	-	-	6,2	7,9	7,8	6,6	5,6	6,7	6,1	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	3,8	0,5	2,3	8,3	20,3	22,2	24,9	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor dB(A)	-	-	54,6	57,4	60,1	59,8	53,3	55,1	52,1	-
Nível avaliado	81,3									
Nível atenuado	65,5									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	15,9									

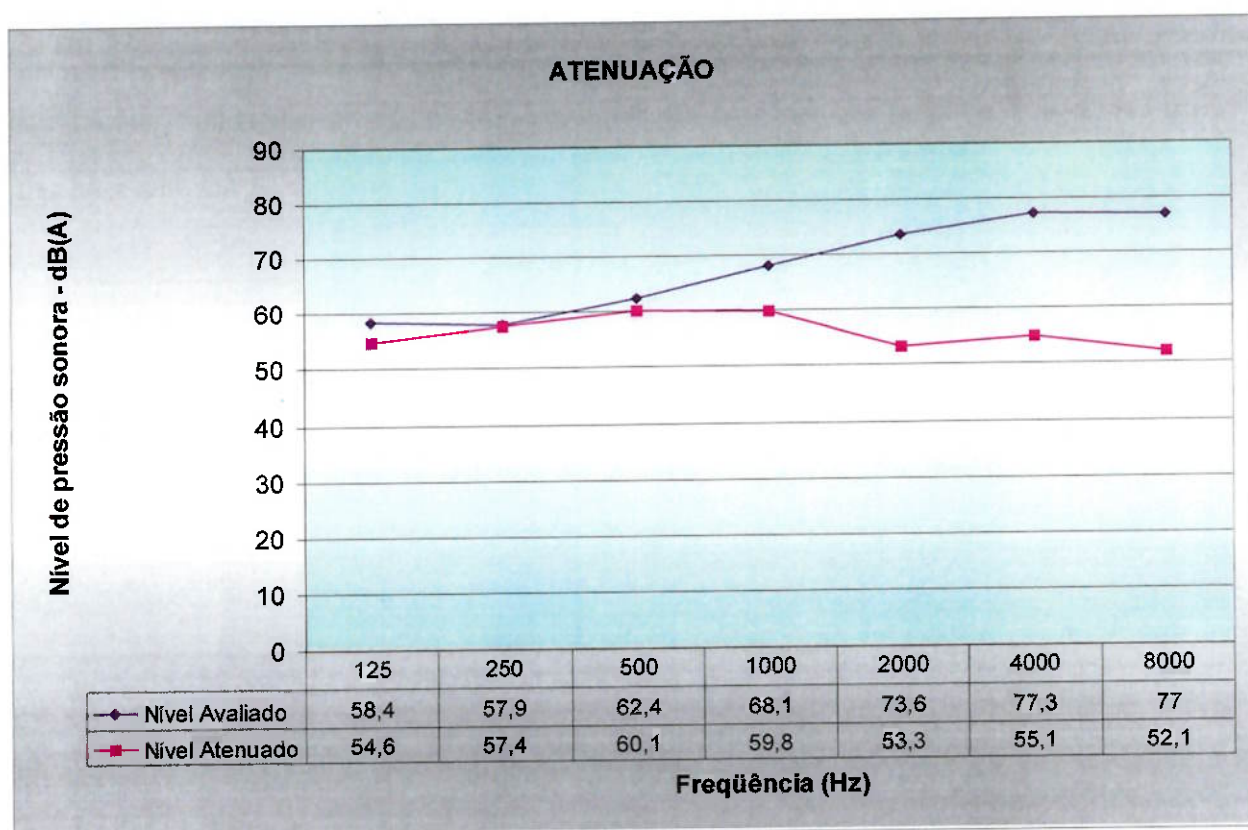


Fig. 23 – Gráfico de atenuação do protetor de espuma no local de medição Subsolo

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 1000 Hz há um ganho de atenuação, aumentando significativamente para 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz.

Tabela 14 – Cálculos de atenuação do protetor concha no local de medição GV-5602

PROTETOR TIPO CONCHA										
Local de medição: GV-5602										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	49,4	61,3	72,5	74,3	79,1	84,8	90,2	93,1	92,3	84,4
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	10,7	18,5	23,2	28,8	33	32,8	34,3	-
Desvio padrão em dB	-	-	3,8	2,5	2,2	2,7	3,2	2,4	4,8	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	3,1	13,5	18,8	23,4	26,6	28	24,7	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	69,4	60,8	60,3	61,4	63,6	65,1	67,6	-
Nível avaliado	97,2									
Nível atenuado	73,7									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	23,4									

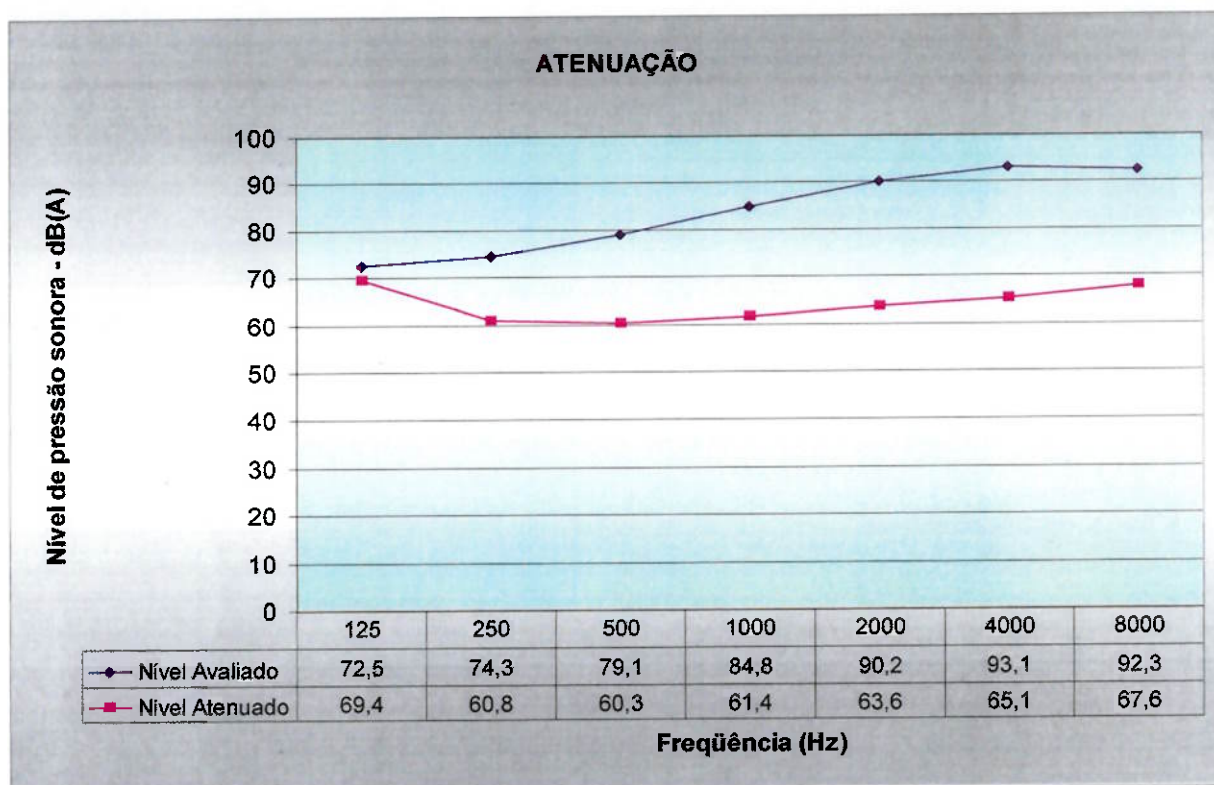


Fig. 24 – Gráfico de atenuação do protetor concha no local de medição GV-5602

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 250 Hz há uma atenuação significativa.

Tabela 15 – Cálculos de atenuação do protetor concha no local de medição P-5607

PROTETOR TIPO CONCHA										
Local de medição: P 5607										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	51,8	66,3	69,7	73,7	78,8	85,3	92	97,3	96	89
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	10,7	18,5	23,2	28,8	33	32,8	34,3	-
Desvio padrão em dB	-	-	3,8	2,5	2,2	2,7	3,2	2,4	4,8	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	3,1	13,5	18,8	23,4	26,6	28	24,7	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	66,6	60,2	60	61,9	65,4	69,3	71,3	-
Nível avaliado	100,6									
Nível atenuado	75,3									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	25,3									

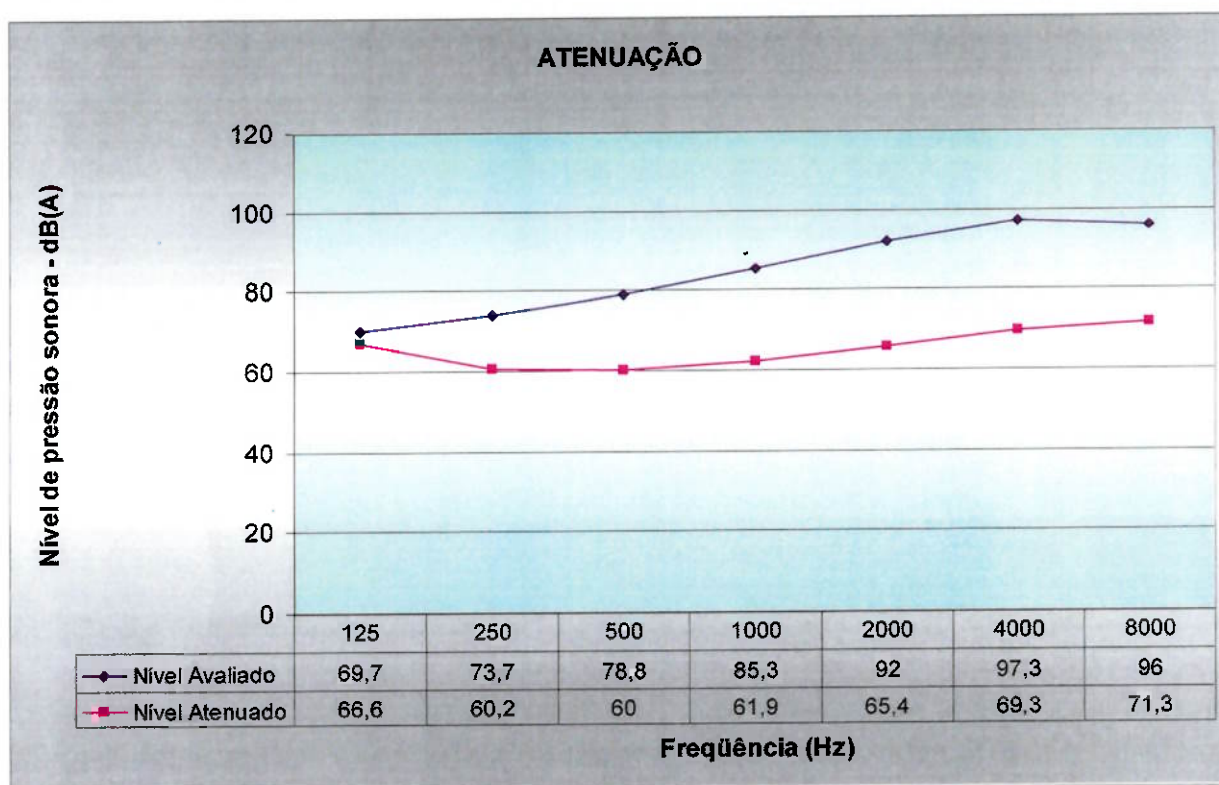


Fig. 25 – Gráfico de atenuação do protetor de concha no local de medição P-5607

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 250 Hz há uma atenuação significativa.

Tabela 16 – Cálculos de atenuação do protetor concha no local de medição subsolo

PROTETOR TIPO CONCHA										
Local de medição: Sub-solo										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	40,2	53,1	58,4	57,9	62,4	68,1	73,6	77,3	77	73,2
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	10,7	18,5	23,2	28,8	33	32,8	34,3	-
Desvio padrão em dB	-	-	3,8	2,5	2,2	2,7	3,2	2,4	4,8	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	3,1	13,5	18,8	23,4	26,6	28	24,7	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	55,3	44,4	43,6	44,7	47	49,3	52,3	-
<b>Nível avaliado</b>	<b>81,3</b>									
<b>Nível atenuado</b>	<b>58,6</b>									
<b>Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)</b>	<b>22,7</b>									

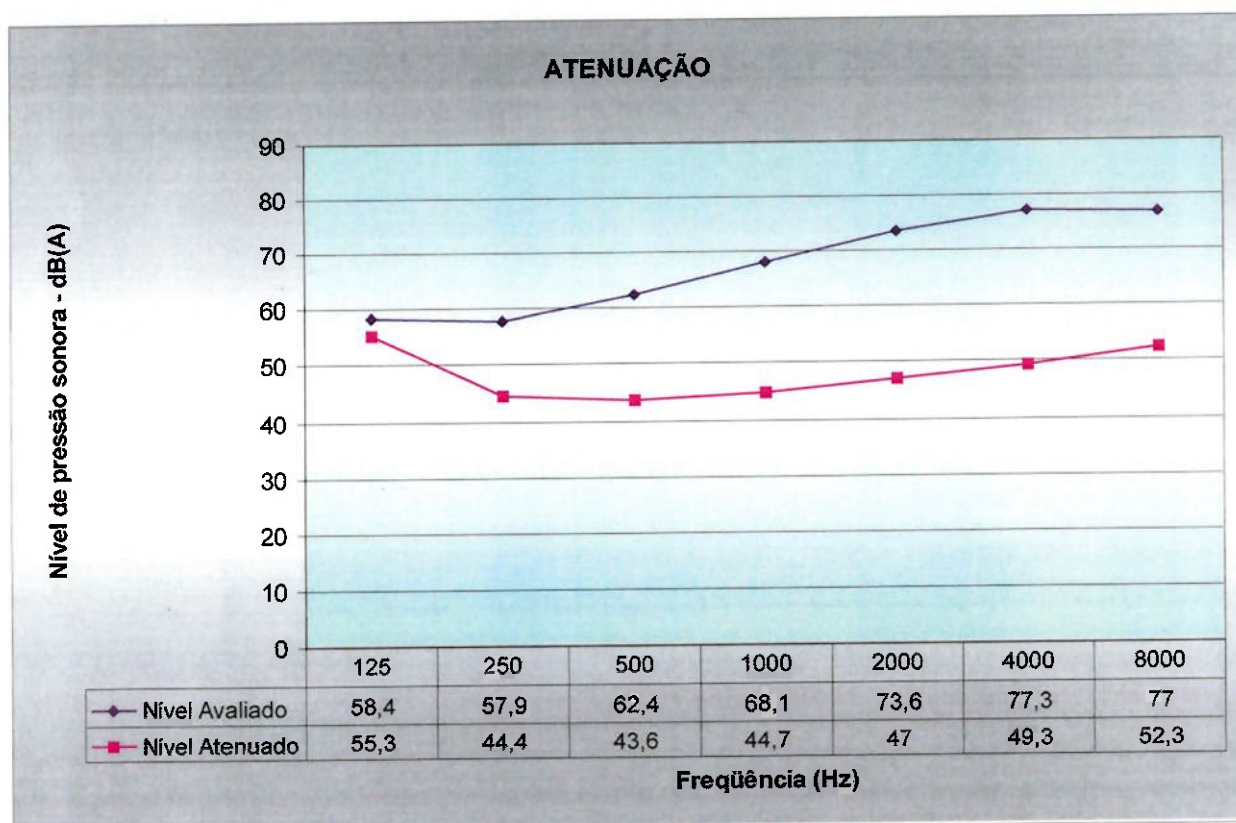


Fig. 26 – Gráfico de atenuação do protetor concha no local de medição Sub-solo

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 250 Hz já há um ganho significativo de atenuação.

Tabela 17 – Cálculos de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição GV-5602

PROTETOR CONCHA ACOPLADO AO CAPACETE										
Local de medição: GV										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em banda de oitava dB(A)	49,4	61,3	72,5	74,3	79,1	84,8	90,2	93,1	92,3	84,4
Atenuação do protetor auricular dB	-	-	8,7	15,6	23,6	29,5	29,5	22,1	25,7	-
Desvio padrão em dB	-	-	4,1	5,3	3,7	5,1	5,8	4,3	4,4	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	0,5	5	16,2	19,3	17,9	13,5	16,9	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor dB(A)	-	-	72	69,3	62,9	65,5	72,3	79,6	75,4	-
<b>Nível avaliado</b>	<b>97,2</b>									
<b>Nível atenuado</b>	<b>82,4</b>									
<b>Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)</b>	<b>14,8</b>									

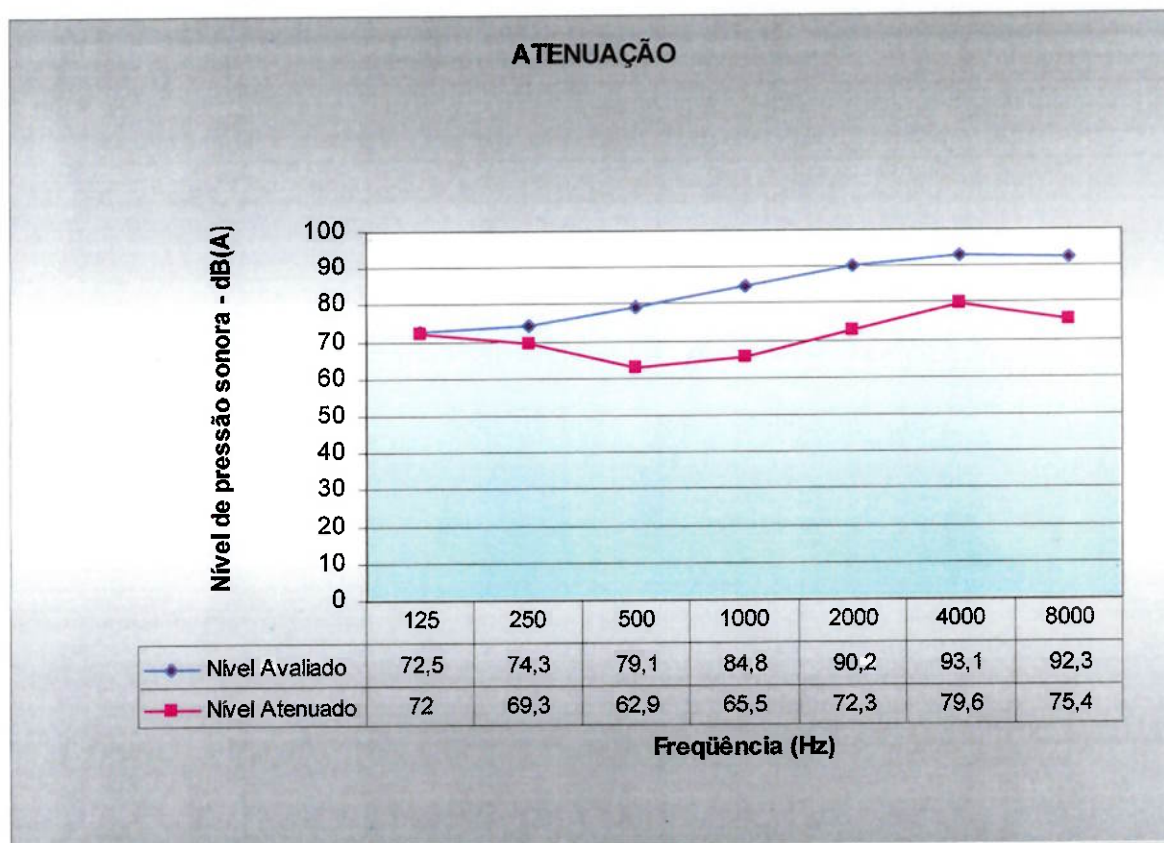


Fig. 27 – Gráfico de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição GV-5602

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que a partir de 500 Hz há um ganho significativo de atenuação.

Tabela 18 – Cálculos de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição P-5607

PROTETOR CONCHA ACOPLADO AO CAPACETE										
Local de medição: P 5607										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava em dB(A)	51,8	66,3	69,7	73,7	78,8	85,3	92	97,3	96	89
Atenuação média do protetor auricular em dB	-	-	8,7	15,6	23,6	29,5	29,5	22,1	25,7	-
Desvio padrão em dB	-	-	4,1	5,3	3,7	5,1	5,8	4,3	4,4	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	0,5	5	16,2	19,3	17,9	13,5	16,9	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor em dB(A)	-	-	69,2	68,7	62,6	66	74,1	83,8	79,1	-
Nível avaliado dB(A)	100,6									
Nível atenuado dB(A)	85,7									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	14,9									

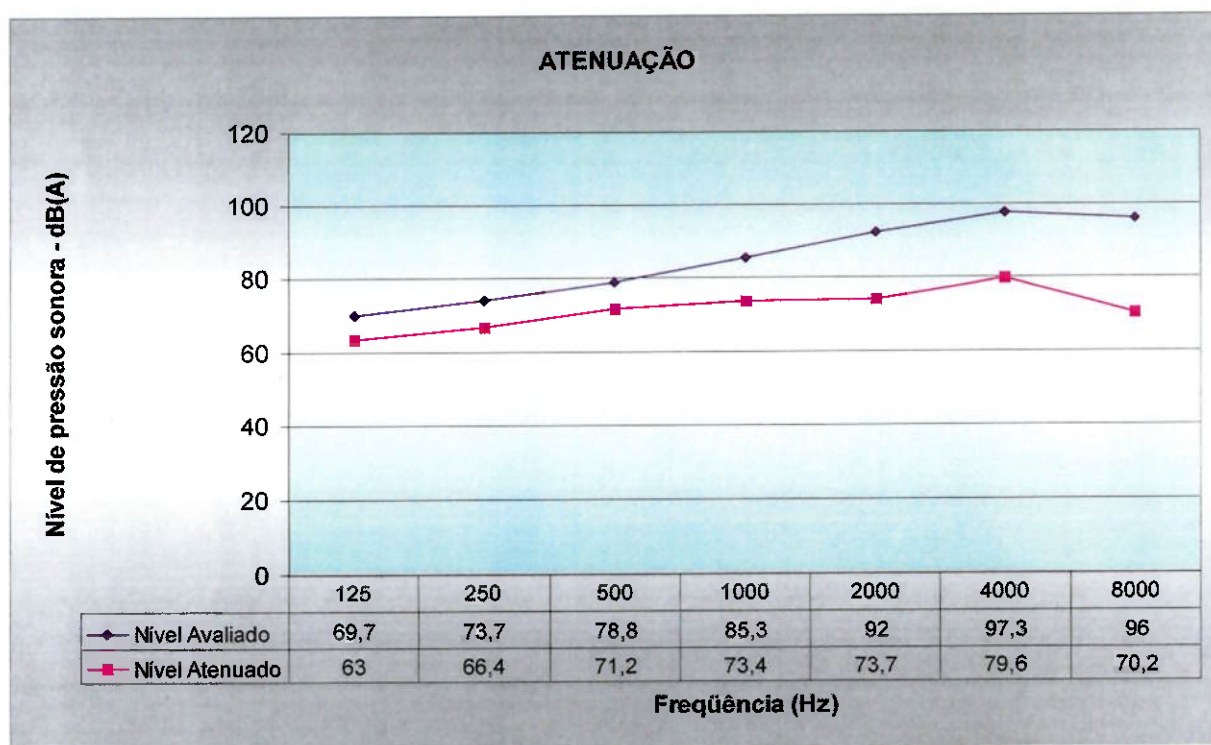


Fig. 28 – Gráfico de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição P-5607

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra a partir de 125 Hz há uma atenuação crescente.

Tabela 19 – Cálculos de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição subsolo

PROTETOR CONCHA ACOPLADO AO CAPACETE										
SUB-SOLO										
Frequência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Níveis em bandas de oitava dB(A)	40,2	53,1	58,4	57,9	62,4	68,1	73,6	77,3	77	73,2
Atenuação média do protetor auricular dB	-	-	8,7	15,6	23,6	29,5	29,5	22,1	25,7	-
Desvio padrão em dB	-	-	4,1	5,3	3,7	5,1	5,8	4,3	4,4	-
Proteção assumida em dB do protetor	-	-	0,5	5	16,2	19,3	17,9	13,5	16,9	-
Níveis de ruído assumidos com o protetor dB(A)	-	-	57,9	52,9	46,2	48,8	55,7	63,8	60,1	-
Nível avaliado dB(A)	81,3									
Nível atenuado dB(A)	66,7									
Diferença entre os níveis avaliado e atenuado dB(A)	14,6									

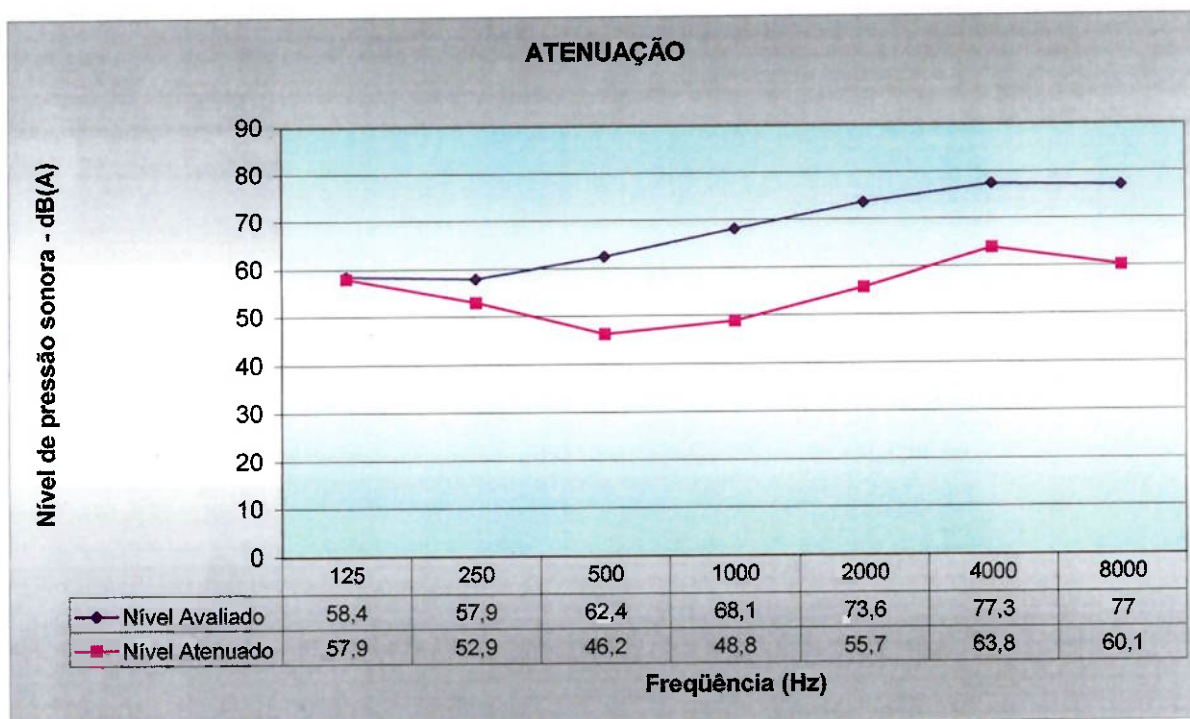


Fig. 29 – Gráfico de atenuação do protetor concha acoplado ao capacete no local de medição Subsolo.

Comentário: A curva de nível atenuado demonstra que no intervalo entre 500 Hz e 2000 Hz, diminuindo em 4000 Hz e aumentando em 8000Hz.

### 5.3.1.1 Comentários

No quadro a seguir, há um resumo da atenuação obtida por cada tipo de protetor auricular, para os três locais medidos.

Tabela 20 – Valores estimados após a atenuação em dB(A).

Local	Nível avaliado	Silicone		Espuma		Concha		Concha conjugado capacete	
		Nível atenuado	Nível atenuado	Nível atenuado	Nível atenuado	Nível atenuado	Atenuação	Nível atenuado	Atenuação
<b>GV 5602</b>	97,2	79,9	17,3	81,8	15,4	73,7	23,5	82,4	14,8
<b>P 5607</b>	100,6	82,2	18,3	82,5	18,0	75,3	25,3	85,7	14,9
<b>Sub solo</b>	81,3	63,7	17,6	65,5	15,9	58,6	22,7	66,7	14,6

Os níveis atenuados obtidos nos dois locais mais ruidosos GV-5602 e P-5607 sugerem que:

- O usuário que utilize os protetores Silicone e Espuma estaria exposto a valores acima do nível de ação (que no caso de ruído é 80 dB) e abaixo dos limites vigentes na legislação.
- O usuário que utilize o protetor Concha estaria exposto a valores abaixo do nível de ação e também abaixo dos limites vigentes na legislação.
- O usuário que utilize o protetor Concha Acoplado ao Capacete estaria exposto a valores acima dos limites vigentes na legislação ( 85dB).

“Apesar da relativa simplicidade deste método, é preciso ter em mente que seus resultados devem ser usados com cautela, pois os ruídos industriais usuais abrangem

toda a faixa de frequências audíveis, nominalmente, 20 Hz a 20KHz. O cálculo considera a porção mais significativa dessa faixa, em termos de audibilidade e inteligibilidade. Entretanto, não são consideradas as faixas de oitava centradas em 16, 31,5 e 63 Hz, introduzindo-se, assim, pequeno desvio (aleatório) das condições reais.” (SIMÃO, 1987, p.23).

### 5.3.2 Método Curto ou Simples

O cálculo da atenuação dos protetores auriculares utilizando-se o NRRsf utiliza o nível de pressão sonora médio, ou seja, o valor médio obtido a partir de dosimetria dos trabalhadores.

Utilizou-se, valores obtidos em dosimetria conduzida pela própria empresa em agosto de 2001, cujo Nível de Exposição Normalizado foi de 83 dB(A). Este valor foi subtraído do NRRsf, que é a atenuação fornecida pelo fabricante, utilizando a equação 3.

$$\text{dB(A) ouvido} = \text{dB(A)} - \text{NRRsf} \quad (3)$$

Onde:

dB(A) ouvido: é o nível atenuado com o uso do protetor auricular,

dB(A): é o nível de pressão sonora média,

NRRsf: é a atenuação fornecida pelo fabricante.

Tabela 21 – Atenuação obtida com método curto

Protetor	NRRsf (dB(A))	Atenuação obtida (dB(A))
Protetor auditivo tipo concha	21	62
Protetor auditivo de silicone	16	67
Protetor de espuma moldável	13	70
Protetor tipo concha conjugado com capacete de segurança.	19	64

Os valores atenuados obtidos demonstram que os protetores auriculares trazem o nível de pressão sonora do local para valores muito aquém dos limites de tolerância preconizados pela legislação vigente.

Ao se comparar os valores obtidos pelos dois métodos, deve-se considerar que o método longo embasou-se em medições de área que são pontuais e estacionárias, tomadas próximo aos equipamentos; já a dosimetria resulta da exposição ao longo da jornada, integrando-se todos os diferentes níveis de exposição ao ruído do trabalhador. As atividades de operação dos equipamentos são realizadas ao longo da jornada em vários equipamentos e até mesmo no console, onde não há ruído. Tanto, que o NEN utilizado, de 83 dB(A) está abaixo do limite de exposição, conforme tab. 22, que representa considerações técnicas e a atuação recomendada em função da Dose Diária ou do nível de Exposição Normalizado encontrados na condição de exposição avaliada.

Tabela 22 – Critério de julgamento e tomada de decisão

<b>Dose diária (%)</b>	<b>NEN dB(A)</b>	<b>Considerações Técnicas</b>	<b>Atenuação recomendada</b>
0 a 50	Até 82	Aceitável	No mínimo manutenção das condições existentes
50 a 80	82 a 84	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas
80 a 100	84 a 85	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da dose diária
Acima de 100	>85	Acima do limite de exposição	Adoção de medidas corretivas

Fonte: NHO 01 Avaliação de Exposição Ocupacional ao Ruído (2001, p. 35).

## 6 CONCLUSÕES

Os critérios de escolha dos protetores auriculares, atualmente em uso, escolhidos em função da preferência pessoal, sem levar em consideração a banda de frequência do ruído, não se mostram adequados, uma vez que nem todos os protetores auriculares atenderam aos preceitos de atenuação. Esta afirmação tem uma confiabilidade de 98%, e portanto, é mais restritiva e a favor da segurança.

Em relação à eficiência dos protetores auriculares analisados, os trabalhos indicaram com uma confiabilidade de 98% que:

- o concha é o que apresentou maior eficiência, oferecendo uma proteção adequada, respeitando o nível de ação e a legislação trabalhista e previdenciária;
- o silicone e o espuma, apesar de respeitar a legislação trabalhista e previdenciária, apresentaram resultados acima do nível de ação;
- o protetor concha conjugado ao capacete é o que apresentou menor eficiência.

Para ser mais conclusivo em relação à atenuação de protetores auriculares, recomenda-se um estudo mais abrangente, com maior número de observações, em outros locais cujos níveis de pressão sonora sejam similares àqueles encontrados na GV-5602 e P-5607.

Recomenda-se ainda que os protetores auriculares sejam analisados através do método curto, por levar em consideração a real exposição do trabalhador, pois utiliza dosimetria ao longo da jornada de trabalho.

Os resultados do método simples se mostram menos restritivos que o método longo.

Para os trabalhos de manutenção industrial, quando os trabalhadores permanecem no mesmo local ao longo da jornada, recomenda-se uma medição local por bandas de frequência para identificar os protetores mais adequados e que poderão vir a ser escolhidos livremente pelos trabalhadores..

## LISTA DE REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. M.; REGAZZI, R.D. **Perícia e avaliação de ruído e calor passo-a-passo: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2002. 468 p.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Instrução Normativa INSS/DC Nº 118 de 14 de abril de 2005. Estabelece critérios a serem adotados pela área de benefícios. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 73, 18 abr. 2005. Disponível em: <<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/superpes.asp>>. Acesso em: 03 maio 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Apresenta Certificados de Aprovação de EPI – Equipamentos de Proteção Individual. Disponível em <http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/default.asp>. Acesso em: 03 maio 2005.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-10151 – Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade**. São Paulo, 2000.

BRÜEL & KJAER SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S. **Ruído ambiental**. 2000. Disponível em: <<http://www.bksv.com/pdf/Environmental%20Noise%20Booklet%20Spanish.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2005?

DIDONÉ, Janete Aragones. **Conforto oferecido por diferentes protetores auditivos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/1479.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2005?

FANTAZZINI, M.L. Avaliação e controle da exposição ocupacional ao ruído. In: Universidade de São Paulo. **Agentes físicos I**. 2 ed. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2004. cap. 2, p. 6-53.

GABAS, Gláucia C. **Programa de conservação auditiva: guia prático 3M: artigo científico**. 2004. Campinas, SP. Disponível em: <[http://www.3m.com/int/br/saude\\_ocupacional\\_seg\\_ambiental/links.jhtml?link=guia\\_pca](http://www.3m.com/int/br/saude_ocupacional_seg_ambiental/links.jhtml?link=guia_pca)>. Acesso em: 01 dez, 2005.

GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: NR, 1992. 600 p

\_\_\_\_\_. Protetores auditivos: paradigma de atenuação de ruído. **Revista Cipa**, São Paulo, v. 23, n. 278, p. 40-47, 2002. Suplemento.

\_\_\_\_\_. **Protetores auditivos**. Florianópolis: NR, 2003. 138p.

GIAMPAOLI, E.; SAAD, I. F. S. D.; CUNHA, I. Â. **Norma de higiene ocupacional: procedimento técnico - avaliação da exposição ocupacional ao ruído - NHO 01**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2001. v. 1.

INGEMANSSON, Stig. Dicas para controle de ruído. **Revista Acústica e Vibrações**, n. 15, p 26-34, jul. 1995.

KWITKO, A. **Tópicos em audiometria industrial e programa de conservação auditiva**: revisão crítica da NR-7 e proposta para nova legislação. São Paulo: CIPA, 1993. 142 p.

\_\_\_\_\_. A deterioração de EPIs auditivos de inserção. **Revista Cipa**, São Paulo, v. 22, n 262, p 40-47, set. 2001

\_\_\_\_\_. **EPIs auditivos**: a falácia dos NRRs: artigo científico. [2003?]. Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/t-ruído.htm>>. Acesso em: 03 maio 2005.

LAGO, Samuel Ramos; MEIRELLES, Erica. **Ciências**: 3ª série – 1º grau. Curitiba: Lago, 1997. 192 p.

LISTA de discussão do Fórum Grupo CIPA. Disponível em: <[http://www.sisp.tmp.br/forum/topic.asp?TOPIC\\_ID=735](http://www.sisp.tmp.br/forum/topic.asp?TOPIC_ID=735)>. Acesso em: 27 ago. 2005. **Informação pessoal**

MEDEIROS, Eduardo B. **Introdução a Teoria Acústica**, artigo científico. 2002 Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.demec.ufmg.br/flugzbau@dedalus.lcc.ufmg.br>>. Acesso em: 20 fev, 2006.

MENDES, R. **Patologia do trabalho**. São Paulo: Atheneu, 1999. 643 p.

MSA. Apresenta características do Kit Abafador de Ruídos Mark V. Disponível em <http://www.msanet.com.br/>. Acesso em: 20 fev. 2006.

POMP PRODUTOS HOSPITALARES E DE SEGURANÇA NO TRABALHO. Apresenta características do protetor auricular de silicone. Disponível em <http://www.pomp.com.br/site.php> Acesso em: 20 fev. 2006.

SEGURANÇA e medicina do trabalho. 54. ed. São Paulo: Atlas. 2004. 771 p. (Manuais de legislação Atlas; v. 16).

SIMÃO, C. M.; FAGGIANO, L. B. C.; FANTAZZINI, M. L. **Equipamentos de proteção individual**: um problema multidisciplinar em Saúde Ocupacional. São Paulo: Fundacentro, 1987. 24 p.

3M Apresenta características do protetor espuma com cordão. Disponível em [http://products3.3m.com/catalog/br/pt002/safety/occ\\_health\\_safety/node\\_04PCKXJ5S0gs/root\\_GSHL20G7FLgv/vroot\\_GSLMSLJF8Gge/bgel\\_8VTQTW6DG9bl/gvel\\_RNX0ORD7K8gl/theme\\_br\\_ohes\\_3\\_0/command\\_AbcPageHandler/output.html](http://products3.3m.com/catalog/br/pt002/safety/occ_health_safety/node_04PCKXJ5S0gs/root_GSHL20G7FLgv/vroot_GSLMSLJF8Gge/bgel_8VTQTW6DG9bl/gvel_RNX0ORD7K8gl/theme_br_ohes_3_0/command_AbcPageHandler/output.html). Acesso em: 20 fev. 2006.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. **Protetores auriculares: uso e eficiência**. Curitiba: UFPR, 2005. 56 p. Apostila.