

## Reconhecimento da perda de eficácia de protetor intra-auricular

João Candido Fernandes (UNESP) jcandido@feb.unesp.br

Ramsés da Silva Bastos (UNESP) ramsesbastos@yahoo.com.br

Rafael Moura de Melo (UNESP) rafaelmdm@yahoo.com.br

### Resumo

*Dentre os agentes nocivos à saúde, o ruído é um dos mais presentes nos ambientes urbanos e sociais, especialmente nos locais de trabalho e nas atividades de lazer. Existem medidas eficazes para o controle do ruído e o Equipamento de Proteção Individual Auditivo (EPIa) é o mais utilizado na prevenção da Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), que, uma vez instalada, é irreversível. O objetivo principal desse estudo foi verificar se há perda de eficácia do EPIa, intra-auricular, de espuma e da marca 3M, modelo 1110, diante ao tempo de uso. Apurou-se que os equipamentos sofrem alteração de eficácia conforme o tempo de uso e que o desgaste do material evidencia a perda de confiabilidade na segurança do uso, especialmente em frequências audíveis de até 100Hz e, a partir de 16 dias, para pressão sonora sofrida em 101dB, a 20Hz. Para pressão sonora sofrida a partir de 107dB, a 20Hz, a perda de confiança para o uso, em especial em frequências audíveis até 100Hz, foi de 8 dias. Os EPIas não perdem eficácia de atenuação importantes com o uso diário em frequências a partir de 1KHz até 20KHz. Concluiu-se que há perda de eficácia, conforme o uso diário e freqüente do EPIa estudado.*

*Palavras chave: Ruído; Protetores Auriculares; Durabilidade.*

### 1. Introdução

De acordo com os parâmetros da Física, define-se ruído como “todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos” (FERNANDES, 2000). Para Costa e Kitamura (1995), o ruído, de um modo geral, pode ser definido como um som indesejável.

Nas últimas décadas, os ruídos transformaram-se em uma das formas de poluição que afeta a maior quantidade de pessoas. A partir de 1989, a Organização Mundial de Saúde (OMS) já passou a tratá-lo como problema de saúde pública. A poluição sonora determinou um aumento de risco para ocorrência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) e, entre outros problemas de saúde, está causando um problema ocupacional a muitas pessoas.

Entende-se por PAIR as alterações dos limiares auditivos do tipo neurosensorial (surdez neurosensorial), decorrentes da exposição ocupacional sistemática em níveis de pressão sonora elevados. Esta tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As demais frequências poderão levar mais tempo para serem afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva (BRASIL, 1998).

Em locais de trabalho (escritórios e indústrias), o ruído tem atingido índices insalubres, levando os países a publicarem leis de proteção aos trabalhadores (FERNANDES, 1993).

Há importância em executar audiometrias ocupacionais nos trabalhadores de metalúrgica, para a prevenção e controle da PAIR e a real necessidade de avaliação das frequências de 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 e 8000 hertz, segundo a publicação supra citada.

A portaria 3214 de 08/06/1978, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1978), por intermédio da Norma Regulamentadora nº 7, estabeleceu a obrigatoriedade dos exames audiométricos admissionais, periódicos e demissionais sempre que o ambiente de trabalho apresentar níveis de pressão sonora superiores a 85 dB(A), em 8 horas de exposição. Em sua Norma Regulamentadora nº 15, definiu também os critérios ambientais que caracterizam o trabalho considerado insalubre por exposição ao ruído, estabelecendo os limites de exposição e diferenciando ruídos contínuos e impulsivos.

Kitamura (1991) corroborou estudos de Astete (1980) e explicou que, dentre as características do agente importantes para o aparecimento de doença auditiva, destacaram-se: a intensidade, relacionado com o nível de pressão sonora; o tipo de ruído, definido como contínuo, intermitente ou de impacto; a duração, relacionada ao tempo de exposição a cada tipo de agente; e a qualidade, que diz respeito à frequência dos sons que compõem os ruídos em determinada análise.

Para Araújo (2002) a medição dos níveis de ruído nos postos de trabalho é importante para o redimensionamento da carga horária de trabalho em metalúrgica, assim como para a orientação do tipo de protetor auricular que deve ser utilizado.

O aumento do risco para ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído nos trabalhadores de metalúrgica é importante e ocorre principalmente quando não é realizado o uso regular e correto de protetores auriculares, sendo necessário realizar campanhas de esclarecimento e motivação para o seu uso (ARAÚJO 2002).

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 (EPIa) mais usado para tentar prevenir a PAIR. Segundo o autor os dois principais tipos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) disponíveis no mercado são os plugues e as conchas.

Nudemann et al. (1997), citado por Vieira (2003), classificaram os protetores extra-auriculares tipo concha, esclarecendo que são formados por duas conchas atenuadoras de ruído colocadas em torno dos ouvidos e interligadas por meio de um arco tensor. Também descreveram os protetores intra-auriculares ou de inserção ou tampões, como os protetores colocados no interior do canal externo do ouvido, estabelecendo que devem ser fabricados com material elástico, não tóxico e, se pré-moldados, em vários tamanhos, com superfície lisa, sem reentrâncias, permitindo a limpeza com água e sabão neutro.

De acordo com Gerges (1995), existem algumas dificuldades na utilização de Equipamentos de Proteção Individuais auditivos (EPIAs), tais como: efeitos na comunicação verbal, higiene, sinais de alarme, desconforto térmico etc. Segundo o autor, o período de utilidade de um protetor auditivo é uma pergunta que está sendo colocada de forma intensa nos últimos anos por responsáveis por programas de conservação de audição, usuários e até advogados e juízes, sem haver uma resposta convincente.

De acordo com alguns autores, existem algumas divergências entre a atenuação de ruídos e performance dos protetores auditivos encontrados em laboratório e no campo. Os fabricantes não conseguem aperfeiçoar o projeto de seus protetores, visto que não há instalações para quantificar as atenuações de ruído, mediante ensaios normatizados (GERGES, 1992).

A eficácia da atenuação dos protetores tem se mostrado como um problema importante, pois supõem a perda de qualidade, devido ao desgaste do equipamento, face à utilização diária, que expõe o material ao calor, sujeiras oriundas do ambiente de trabalho e lavagem diuturna.

O parâmetro de tempo de uso funcional, tendo em vista o envelhecimento do EPIa, se mostra importante na geração de projetos vindouros para que a integridade física humana esteja sempre protegida.

Esta pesquisa objetivou verificar quantitativamente a queda de eficácia do Equipamento de Proteção Individual auditivo, mais precisamente, Protetores Auditivos Intra-Auriculares (do

tipo plugue), 3M, modelo 1110 de espuma, analisando o comportamento desses EIAs em função do tempo de uso, em dias.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Equipamentos

Foi confeccionado e utilizado um equipamento para produção de ruídos no laboratório de ruídos e vibrações da UNESP de Bauru.

No equipamento havia um computador, provido de uma placa de som, responsável pelo envio de sinais sonoros, e um programa específico de envio e recepção de sinais sonoros (Loudspeaker Measurement System / LMS - V.3.54).

Este programa tem a capacidade de, mediante dados adicionados a ele pelo usuário, enviar sinais na forma de varredura de sons audíveis e, graficamente, informar as medições captadas, após receber os sinais amplificados.

Foi utilizado um amplificador da marca Ciclotron e uma caixa de som com um Woofer High Fidelity, da marca Novik 12", série wx (responsável pelas frequências de sons graves); um Mid Range High Fidelity, da marca Novik 5", série Nm (frequências médias) e um Tweeter High Fidelity, da marca Selenium, série T-600 (frequências de sons agudos), com uma caixa acústica que era acoplada a ela. Dessa forma, assegurou-se que todas as frequências audíveis seriam verificadas para uma pós-avaliação.

O amplificador serviu para receber os sinais enviados pelo computador, por meio do programa LMS-3.54, e amplificá-lo para a caixa de som. Na caixa acústica acoplada à caixa de som, efetuou-se uma abertura, simuladora ao conduto auditivo humano, na qual adaptou-se um microfone sensível, responsável pela captação das informações sonoras, que retornavam ao computador para análise de frequências em decibéis (Figura 1).



Figura 1 – Microfone acoplado ao conduto auditivo simulador humano

Utilizando um cilindro uniforme de plástico, obteve-se uma secção transversal interna de 7,5 mm de diâmetro e com 25 mm de comprimento, o canal simulador do canal do homem, confeccionado de acordo com a pesquisa realizada por Couto (2000), em estudos da distribuição da pressão sonora no meato acústico externo (Figuras 2 e 3).



Figura 2 – Canal auditivo simulador (visão interna)

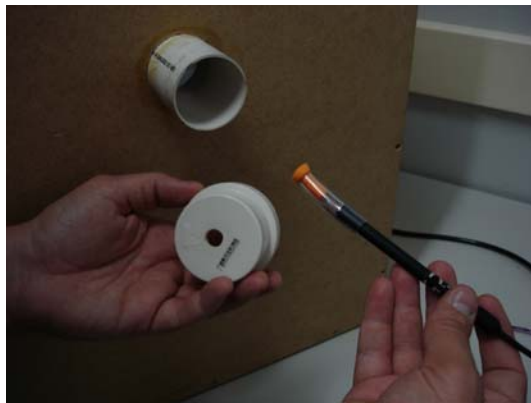


Figura 3 – Canal auditivo simulador (visão externa com EPIa introduzido )

## 2.2 Ambiente do teste

Os equipamentos foram dispostos dentro do Laboratório de Ruídos e Vibrações da Unesp com o objetivo de facilitar os testes durante as jornadas de trabalho. Foi medido o desempenho de cada EPIa, para serem avaliados após essa fase (Figura 4).



Figura 4 – Disposição dos equipamentos utilizados no Laboratório de Acústicas e vibrações da Unesp de Bauru.

### 2.3 Amostra

Para obter a amostra, solicitou-se que trabalhadores de duas empresas, expostos a ruídos sonoros durante jornada de trabalho, utilizassem durante um período determinado protetores novos.

Para tal, após aproximação do pesquisador às empresas, foram realizadas palestras direcionadas aos trabalhadores submetidos aos ruídos diários, nos períodos da manhã e tarde, simultaneamente, discorrendo-se sobre os problemas causados pelo ruído, a importância e benefício dos EIAs e demonstração do modo correto de seu uso, guarda, conservação e limpeza. Nessa oportunidade, os trabalhadores também tomaram conhecimento da pesquisa e foram convidados a participar.

Durante estas palestras, também foram distribuídos EIAs intra-auriculares de espuma novos, da marca 3M, modelo 1110, para todos os trabalhadores usuários de EPIa. Os equipamentos de proteção foram identificados individualmente, com data e nome, recebendo assim personalização para o uso. Os participantes receberam orientações e treinamentos sobre como usar corretamente o EPI.

O pesquisador ainda freqüentou as empresas diuturnamente, com a intenção de checar o uso, limpeza, guarda e conservação dos EIAs durante todo o período pré-estabelecido pelo cronograma da pesquisa.

Foi recolhido um aparelho protetor por dia útil de trabalho em cada empresa (somando-se a quantia de 60 pares de EIAs), obtendo-se, então, aparelhos que tinham desde um dia de uso até trinta dias de uso, até que todos retornassem ao pesquisador para que fossem avaliados no laboratório.

A deterioração do EPIa acontece pela soma de alguns fatores, tais como uso diário, contato físico do aparelho com o suor do usuário, cerume, poeira, graxa e todo os tipos de restos de materiais a que são expostos. Por isso os usuários são orientados a lavar o EPIa todos os dias, e este contato com qualquer tipo de sabão, sabonete, detergente ou outro abrasivo de limpeza durante a lavagem também contribui para o desgaste do protetor.

Na Figura 5 apresenta-se os EIAs, da marca 3M.



Figura 5-Equipamento de Proteção Individual Intra-Auricular da 3M.

### 2.4 Método

Por meio do programa de computador LMS-3.54 (Loudspeaker Measurement System/Versão 3.54), um sinal era enviado até um amplificador e deste para uma caixa de som, que estava acoplada a uma caixa provida de uma saída, que simulava o conduto auditivo humano. Um microfone sensível foi acoplado ao “conduto”, que recebia o som e enviava a uma placa de som do computador.

Com base nesse ciclo, foi possível constatar, primeiramente, as freqüências enviadas pelo

programa do computador e, numa segunda etapa, os valores de atenuação do ruído de cada protetor medido. Para fazer essa medida, o protetor auditivo foi encaixado na abertura equivalente ao conduto auditivo humano e, em seguida, testado mediante a emissão de sons com 20 pontos de varredura, enviados pelo computador, nas frequências entre 20.000Hz e 20Hz, que é a faixa audível do ouvido humano, segundo Santos (2005). Os equipamentos utilizados na pesquisa ficaram dispostos conforme a Figura 6.



Figura 6 – Envio e recepção de sinal sonoro passando por todo o ciclo do teste.

O microfone sensível, pré-instalado depois do EPIa, que funcionou como uma “barreira” de som ligado a um computador, captou os níveis de ruídos interferidos pelo protetor auditivo tipo plugue da 3M, e disponibilizou os dados para o pesquisador, por meio do programa específico (Figura 7).



Figura 7 – Detalhe do EPIa instalado dentro do canal auditivo simulador e acoplado ao microfone.

### 3. Resultados e Discussão

O comportamento das curvas oriundas dos testes feitos com os EPIas (duas amostras, com dois testes cada uma) serão demonstradas por meio dos gráficos desenvolvidos pelo programa LMS-3.54, nos quais foram lançados os valores colhidos dos EPIas novos e usados pelos sujeitos da pesquisa. Também foi feita uma correlação entre eficácia de EPIas de equipamentos novos e usados, analisados quanto ao tempo de uso.

A variação crescente de valores está determinada no eixo vertical do lado esquerdo (decibels) e os valores indicados no eixo horizontal inferior referem-se a frequências dadas em Hertz, que variaram sempre entre 20Hz e 20KHz.

#### Amostra 1

No primeiro teste da primeira amostra evidenciou-se que o protetor novo reagiu muito bem ao receber a pressão sonora de 101dB a 20 Hz, com picos aproximados de 120dB em 600Hz e 2KHz. Continuou a portar-se bem ao atingir 90dB, no fim da curva que foi determinada em 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 40dB no início do teste (frequência de 20Hz) e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

Até os seis primeiros dias de uso, os protetores mostraram-se confiáveis. Ao atingir o oitavo dia de utilização o EPIa não suportou a pressão que estivesse entre 35Hz e 95Hz, sendo ultrapassada a barreira dos 86dB, pré-determinada pelo Ministério do Trabalho do Brasil. Porém, não evidenciou uma característica importante de queda de eficácia, pois atingiu apenas 87dB e 88dB, tendo ficado resguardado em todas as outras faixas de frequências do teste.

Os EPIas com uso de 10, 12 e 14 dias, mantiveram níveis abaixo de 86dB. Os EPIas de 16 a 27 dias de uso perderam eficácia na faixa de até 100Hz, atingindo níveis além das normas de segurança, asseguradas pelo Ministério do Trabalho do Brasil.

As curvas de 10, 12, 14, 16 e 18 dias de uso podem ser observadas na Figura 8.



Figura 8- Curvas com EPIas de 10( verde), 12(azul), 14(amarelo), 16(rosa) e 18(vermelho) dias de uso

Observou-se também que, para as frequências acima de 1Khz, os EPIas entre 1 e 27 dias de

uso mantiveram os patamares do EPIa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram com mais evidencia em frequências de até 100Hz.

Os EPIas com uso de 28, 29 e 30 dias evidenciaram problemas nas faixas entre 20Hz e 130Hz aproximadamente, onde atingiram índices acima de 86dB.

Faixas de frequência entre 130Hz e 1KHz, para aparelhos com 28, 29 e 30 dias de uso, não perderam eficácia conforme o tempo e uso, e mantiveram resguardados os limites esperados de segurança (abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho).

No segundo teste da primeira amostra foi utilizada uma pressão sonora inferior, se comparada à pressão sonora do primeiro teste dessa amostra, com aproximadamente 92dB à frequência de 20Hz e com um pico de 102dB, numa frequência aproximada de 2KHz, até atingir 88dB na frequência de 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 32dB no início do teste à frequência de 20Hz e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

O EPIa novo agiu com segurança ao receber a pressão sonora do teste e se manteve a uma variação de frequências entre 56Hz e 68Hz.

Observou-se nas curvas dos EPIas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso que as frequências entre 20Hz e 130Hz perderam simultaneamente eficácia, porém não atingiram 86dB. Não foi constatado perda de eficácia destes EPIas entre frequências que variaram de 130Hz até 20KHz.

EPIas em Dias	Atenuação em dB x Frequência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
Novo	32	38	38	25
8	16	27	38	25
16	15	26	38	25
24	14	24	38	25
30	13	23	38	25

*Tabela 1 – Quantificação de atenuação, em decibels, nas frequências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIas obtidos na amostra 1 (teste 2)*

## Amostra 2

Iniciou-se o primeiro teste da segunda amostra com um nível de pressão sonora superior ao primeiro teste da primeira amostra. Com 107dB a 20 Hz, com picos aproximados de 124dB em 600Hz e 2KHz, a curva atingiu 105dB a 20KHz. O equipamento novo atenuou em 43dB, no início do teste à frequência de 20Hz, e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

Foi observado que o EPIa novo iniciou a curva em 64dB, com pico de 74dB a 130Hz, e terminou o ciclo do teste em 58dB, determinando assim uma barreira de som viável.

Notou-se que os EPIas de 2, 4 e 6 dias de uso se mantiveram viáveis para o uso, não atingindo os 86dB que o Ministério da Saúde preconiza.

Os EPIas de 8, 10, 12, 14, 16 e 18 dias de uso perderam eficácia nas faixas de até 100Hz, atingindo níveis além das normas de segurança fixadas pelo Ministério do Trabalho do Brasil, e ultrapassaram o limite de 86dB.

Observou-se, também, que para as frequências acima de 1KHz todos os aparelhos mantiveram os patamares do EPIa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram, com mais evidencia em frequências de até 100Hz.





Figura 9 – Curvas com EPIa novo(verde) e EPIas com 2(amarelo), 4(rosa), 6(vermelho) e 8(azul) dias de uso.

Os EPIas com 19, 21, 23, 25, 27, 28, 29 e 30 dias de uso mantiveram pressão sonora acima de 86dB, em faixas de frequência entre 20Hz e 110Hz aproximadamente.

Faixas de frequência entre 110Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPIas nas faixas entre 1KHz e 20KHz não perderam eficácia alguma (para todos os EPIas do teste) e comportaram-se como uma curva de EPIa novo.

O segundo teste da segunda amostra teve início tomando como padrão uma curva com aproximadamente 125dB de pressão sonora à frequência de 20Hz, mantendo esses valores de decibéis aproximados até a frequência de 2KHz, e com redução de pressão até atingir 101dB na frequência de 20KHz, valores estes muito superiores aos testes realizados anteriormente nesta pesquisa.

O equipamento novo atenuou em 32dB no início do teste à frequência de 20Hz e, abaixo dos 86dB, não se portou dentro das normas de segurança,.

O EPIa novo, ao receber essas pressões, se manteve entre 93dB e 98dB a uma variação de frequência entre 20Hz e 100Hz. Oscilou demasiadamente entre 100Hz e 1KHz atingindo picos de 120dB e 110dB e caiu abaixo de 86dB entre 1KHz e 20KHz.

Observou-se nas curvas dos EPIas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso, que as frequências entre 20Hz e 500Hz mantiveram-se acima do padrão permitido e as frequências entre 20Hz e 100Hz estiveram constantemente acima de 111dB. As frequências entre 1KHz e 20KHz estiveram sempre dentro dos padrões permitidos pela norma (Tabela 2).

#### 4. Conclusões

É possível afirmar que: <sup>a)</sup> há perda de eficiência do EPIa em função do tempo de utilização em dias, portanto, o tempo de sua utilização em campo dependerá do nível de ruído existente no local; <sup>b)</sup> os EPIas não perdem eficiência com o uso diário em frequências a partir de 1KHz até 20KHz.

EPIas em Dias	Atenuação em dB x Frequência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
Novo	32	28	56	51
8	14	18	59	51
16	14	20	56	51
24	11	17	59	51
30	10	17	57	51

Tabela 2 – Quantificação de atenuação, em decibels, nas frequências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIas obtidos na amostra 2 (teste 2).

## Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. **Rev. Bras. Otorrinolaringol**, v. 68, n. 1, p. 47-52, maio 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho, Portaria nº. 3214, 1978.
- \_\_\_\_\_. Norma Regulamentadora 15. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. **Segurança e Medicina do Trabalho**, São Paulo: Atlas, v.16, p.123-34, 1998.
- COSTA, E. A. E.; KITAMURA, S. Patologia do trabalho segundo aparelho ou sistema: órgãos dos sentidos. In: MENDES, R. (Org.). **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro; Atheneu, 1995.
- FERNANDES, J. C. Conforto Acústico e Comportamento. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA. 1993. Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 1993. p. 74-84.
- \_\_\_\_\_. **Influência dos Protetores na Inteligibilidade da Voz**. 2000. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2000.
- \_\_\_\_\_. Avaliação do reconhecimento da fala em usuários de protetores auditivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003. Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2003. p. 153-154.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis, 1992.
- \_\_\_\_\_. Fontes de ruído. In: \_\_\_\_\_. **Exposição Ocupacional ao Ruído: avaliação, prevenção e controle**. Genebra: OMS, 1995.
- KITAMURA, S. Perdas auditivas de origem ocupacional: considerações acerca da NR-7. **Ltr. Sup. Trab**, v.27, p. 114-711, 1991.
- NUDEMAN, A. A.; COSTA A. E.; SELIGMAN, J.; IBANEZ, N. R. **PAIR** – Perda auditiva induzida pelo ruído. Porto Alegre: [s.n.], 1997.
- SANTOS, N. **Condições ambientais de trabalho**. Ergonomia e Segurança Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/ergon/disciplinas/EPS5225/aula6.htm>> Acesso em 02/08/2005.
- SANTOS, U. P. *et al.* **Ruído: riscos e prevenção**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1996.
- VIEIRA, K. G. **Perda da força sofrida pelo arco do equipamento de proteção individual auricular tipo concha de acordo com o tempo de utilização**. 2003. 73p. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2003.
- WHO. World Health Organization. **Noise Environmental**. Health Criteria 12. Geneva, 1980.