

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**CLAUDEMIR ADRIANO FIGURA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA CASA  
NOTURNA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2013**

**CLAUDEMIR ADRIANO FIGURA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA CASA  
NOTURNA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Matoski

CURITIBA  
2013

**CLAUDEMIR ADRIANO FIGURA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA CASA  
NOTURNA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski (Orientador)  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2013

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

Aos meus pais, João Figura e Helena Figura, pelos exemplos de vida, motivação e determinação e por teres me conduzido e incentivado na minha educação formal.

## **AGRADECIMENTO**

Todos estes parágrafos não atenderão a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Consequentemente, desde já peço perdão àquelas que não foram lembradas neste trabalho, porém de uma forma ou outra, contribuiram para que os objetivos fossem alcançados. A elas a minha eterna gratidão.

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me guiado em todos os momentos dessa caminhada. Por ter me proporcionado maravilhosos momentos em que, onde pude estar ao lado de grandes pessoas, aos quais aprendi a amar e admirar. Momentos estes, que me prepararam para os dias de luta.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Adalberto Matoski, pelas orientações precisas e seguras, pela amizade, comprometimento, sugestões, pela confiança e paciência.

Ao Coordenador Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai, pela orientação e pelo período de aprendizado. Pela estimada lição de vida e apoio.

A todos os professores da UTFPR que lecionaram aulas para a XXIV turma de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho e a todos os colegas de turma.

A toda a banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este trabalho.

*Life is like throwing a ball to the wall if a blue ball is thrown, it will return blue. If you play a green ball, it will come back green, if the ball is played weak, it will come back weaker. If the ball is thrown with force, she will return with force. So never "throw a ball in the life" so that you are not ready to receive it. Life does not give or lend, not moved nor pities. Everything she does is return and transfer what we offer. (EINSTEIN, Albert)*

A vida é como jogar uma bola na parede, se for jogada uma bola azul, ela voltará azul. Se for jogada uma bola verde, ela voltará verde, se a bola for jogada fraca, ela voltará fraca. Se a bola for jogada com força, ela voltará com força. Por isso, nunca "jogue uma bola na vida" de forma que você não esteja pronto a recebê-la. A vida não dá nem empresta; não se comove nem se apieda. Tudo quanto ela faz é retribuir e transferir aquilo que nós lhe oferecemos. (EINSTEIN, Albert,)

## RESUMO

FIGURA, Claudemir Adriano; Caracterização dos Níveis de Ruído em uma Casa Noturna. 2013. 54f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

O objetivo deste trabalho é caracterizar através de medições, os níveis de pressão sonora existente em uma casa noturna. Neste ambiente, alguns trabalhadores laboram expostos a níveis sonoros acima do permitido pela legislação, portanto, expostos ao risco da perda auditiva induzida por ruído – PAIR. A casa funciona normalmente de 5 a 8 horas por noite e os trabalhadores ficam expostos ao ruído sem nenhuma proteção: barman's, seguranças, serventes de limpeza, organizadores, funcionários em geral. Além dos trabalhadores, os clientes, também estão expostos aos mesmos riscos, sem que alguma medida de proteção eficazmente seja utilizada. Para este trabalho, foram feitas medições com o auxílio de um medidor integrador de uso pessoal, popularmente conhecido como dosímetro. Foram feitas avaliações em uma pessoa pertencente ao grupo homogêneo de exposição. Através das leituras, constatou-se que os níveis de ruído estão acima dos permissíveis e impostos pelas normas vigentes. Conclui-se que, para a resolução deste problema, algumas medidas de proteção devem ser tomadas para atenuar o ruído, através de medidas de proteção coletiva e individual.

**Palavras-chave:** Casas Noturnas. Ruído. Segurança. Medidas de Proteção.

## ABSTRACT

FIGURA, Claudemir Adriano; Characterization of Noise Levels in a House Night. 2013. 54f. Monograph (Specialization in Engineering Work Safety) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

The objective of this work is to identify through measurements, the sound pressure levels existing in a house of entertainment (nightclub, show house). In this environment, some laboring workers exposed to noise levels, being above those permitted by law, therefore exposed to the risk of noise-induced hearing loss - PAIR. The house usually works 5-8 hours a night and workers are exposed to noise with no protection: Bartender's, security guards, maids cleaning, organizers, other workers. In addition to the employees, customers, are also exposed to the same hazards, without some protective measure is used effectively. For this study, measurements were made with the aid of a meter integrator personal use, popularly measure sound as dosimeter. Evaluations were made on people belonging to the group of homogeneous exposure. Through readings, it was found that noise levels are above the permissible values and taxes by current standards. To solve this problem, some measures have been suggested for noise mitigation through measures of collective and individual protection.

**Keywords:** Nightclub. Noise. Security. Protective Measures.

## LISTA DE TABELA

TABELA 1 – VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM.....	22
---	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM ALGUNS AMBIENTES.....	16
FIGURA 2 – EFEITO DO RUÍDO NO CORPO HUMANO.....	19
FIGURA 3 – DEMONSTRAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA .....	21
FIGURA 4 – ANATOMIA DA ORELHA HUMANA.....	23
FIGURA 5 – DEMONSTRAÇÃO DA ORELHA MÉDIA.....	24
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO DA ESQUEMÁTICA DO OUVIDO INTERNO .....	25
FIGURA 7 – RELAÇÃO DA EXPOSIÇÃO VERSUS A PROBABILIDADE DA ANTECIPAÇÃO DA PRESBIACUSIA .....	30
FIGURA 8 – AUDIOGRAMA REALIZADO COM PESSOAS RECÉM-EXPOSTAS AO UM AMBIENTE RUIDOSO .....	31
FIGURA 9 – GUARDA DE TRANSITO UTILIZANDO UM DOSÍMETRO.....	33
FIGURA 10 – COMPORTAMENTO DO SOM NUMA SUPERFÍCIE .....	34
FIGURA 11 – DEMONSTRAÇÃO DO EFEITO DA REVERBERAÇÃO EM UM RECINTO FECHADO.....	35
FIGURA 12 – SOM GRAVE CONTORNADO UM OBJETO .....	36
FIGURA 13 – SOM AGUDO CONTORNADO UM OBJETO.....	37
FIGURA 14 - EFEITOS DA REFLEXÃO .....	38
FIGURA 15 – DOSÍMETRO DE USO PESSOAL.....	42
FIGURA 16 – ESPAÇO FÍSICO DA CASA AVALIADA.....	46
FIGURA 17 – NÍVEL SONORO REALIZADA NO PERÍODO DAS 01H17 ÀS 02H25.....	47
FIGURA 18 – NÍVEL SONORO REALIZADA NO PERÍODO DAS 02H25 ÀS 04H09.....	48
FIGURA 19 – VALORES MÁXIMOS .....	48
FIGURA 20 – VALORES MÍNIMOS.....	49

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS DO RUÍDO NO INDIVÍDUO .....	17
QUADRO 2 – FLUXOGRAMA DA AUDIÇÃO HUMANA.....	26
QUADRO 3 – LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE.....	39

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	12
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS .....	13
1.3 OBJETIVOS .....	13
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos .....	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	15
2 REVISÃO BIBLOGRÁFICA .....	16
2.1 SOM E RUÍDO.....	16
2.2 DESCRIÇÕES DAS ONDAS SONORAS .....	19
2.2.1 Nível de Pressão Sonora.....	20
2.2.2 Frequência e Comprimento de Onda.....	20
2.2.3 Velocidade do som.....	21
2.3 SISTEMA AUDITIVO .....	22
2.3.1 Via óssea.....	26
2.4 PERDA AUDITIVA .....	27
2.4.1 Perda Condutiva .....	28
2.4.2 Perda Neurosensorial .....	28
2.5 PERDAS AUDITIVAS INDUZIDAS POR RUÍDO – PAIR.....	29
2.5.1 Perda Auditiva Permanente e Temporária.....	31
2.5.2 Zumbido.....	32
2.6 EQUIPAMENTOS PARA MENSURAÇÃO.....	32
2.7 ABSORÇÕES DO SOM EM LUGARES FECHADO.....	33
2.7.1 Reverberação.....	34
2.7.2 Difração .....	35
2.7.3 Reflexão e absorção .....	37
2.8 LEGISLAÇÕES VIGENTES .....	38
2.9 GRUPOS HOMOGÊNIO DE EXPOSIÇÕES .....	39
3 METODOLOGIA .....	41
3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....	41
3.2 DOSIMETRIA .....	42
3.3 PROCEDIMENTOS PÓS-MEDIÇÃO .....	43
3.5 CÁLCULOS .....	43
3.5.1 Cálculo da dose projetada.....	44
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	46
4.1 CASA AVALIADA .....	46
4.1.1 Análise dos gráficos .....	47
4.2 MEDIDAS DE PROTEÇÃO.....	49
5 CONCLUSÃO .....	51
REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O ruído causa perturbações na comunicação, no aparelho digestivo, aumenta a irritabilidade e o estresse, dificulta a memorização e a concentração, além de limitar as noites de sono (RUIZ, 2000 p.8). O ruído contribui para sintomas secundários como: o aumento da pressão arterial, má irrigação da pele e até mesmo impotência sexual (MACHADO, 2003).

O som faz parte da nossa vida, podem-se ouvir sons agradáveis como de uma ópera, os canto dos pássaros, uma batida na porta, às ondas do mar. Porém, da mesma forma que sons podem ser úteis, um som pode tornar-se desagradável e indesejável, dependendo das suas características: amplitudes, frequência, duração e adaptação do indivíduo ao meio ambiente. A um som desagradável, denomina-se ruído (VIEIRA, 2009, p.728).

Machado (2003) afirma que uma das principais fontes causadoras de poluição sonora no nosso dia a dia, são os bares e casas noturnas. É um grande problema dos centros urbanos, onde os bares e as casas noturnas onde são frequentados por inúmeras pessoas que procuram diversão.

Podem-se definir casas noturnas como sendo um ambiente, com música, dança e venda de bebidas alcoólicas, frequentado em geral por jovens, são consideradas locais de risco para o uso abusivo de álcool e vem sendo denominadas de "baladas" na cidade de São Paulo (BENJAMIM, 2013).

### 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

As análises e abordagens retratadas neste trabalho ocorreram na cidade de Curitiba – Paraná, no mês de fevereiro. A população objeto desta pesquisa é: trabalhadores de Casas de Entretenimento (casas noturnas) e clientes: barman's, serventes de limpeza, garçons, seguranças, organizadores.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Segundo Vieira (2009, p.738) é considerada perda de audição qualquer redução na sensibilidade auditiva. De acordo com o autor, essa perda auditiva ocorre quando os níveis de exposição são elevados por um longo período de tempo. Determinam em comprometimentos tanto na vida social como em distúrbios mentais do indivíduo (MEDEIROS, 1999, p.3).

Para Medeiros (1999, p.3) existe uma clara necessidade de se ter melhores informações e orientação para as pessoas. Isso ocorre quando conscientizamo-las dos riscos das quais estão expostas e da importância do uso de equipamentos de proteção, para se evitar alterações no limiar auditivo e por consequência a perda auditiva.

Observa-se que, em casas noturnas os níveis médios de ruídos são os mais agravantes de todas as atividades voltadas para o entretenimento. Esses agravos representam em danos no aparelho auditivo (HEAR IT, 2013).

De acordo com Hear-It (2013) foi elaborada uma pesquisa pelo Instituto Dublin de Tecnologia na Irlanda, onde se constatou que os níveis de pressão sonora em casas noturnas podem atingir em média de 89 a 97dB. Outra pesquisa sobre o assunto elaborada na Austrália, constatou que casas noturnas são as principais fontes de risco quando o assunto é lazer. “A pesquisa feita com 1.000 jovens na idade 18 a 35 anos mostrou que 131 dos participantes (14,1%) estão expostos anualmente a níveis de ruídos acima do limite do ambiente de trabalho” (HEAR IT, 2013).

## 1.3 OBJETIVOS

Medir os níveis de ruído de uma Casa Noturna, localizada na região central da cidade de Curitiba – PR. Serão feitas medições em uma pessoa pertencente ao grupo homogêneo de exposições.

### 1.3.1 Objetivo Geral

Caracterizar os níveis de ruído de uma casa noturna, comprovando a existência de níveis sonoros acima do permitido pela legislação brasileira, onde trabalhadores e clientes estão expostos. Também serão sugeridas medidas de proteção para atenuação dos níveis de ruído.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Propor medidas eficazes de proteção coletiva e individual

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Insuficientes são as fiscalizações e legislações que abordam sobre os riscos existentes nas Casas de Noturnas. O incêndio ocorrido no dia 27 de janeiro, em Santa Maria – Rio Grande do Sul, na boate Kiss, onde morreram mais de 240 pessoas, a grande maioria jovem, chamou a atenção das pessoas no Brasil e no mundo inteiro. Tal acontecimento fez com que os órgãos competentes fiscalizassem mais rigidamente as casas noturnas. Entretanto, excepcionalmente nos requisitos prevenção e combate a incêndio.

O ruído, muito comum em casas de noturnas é abordado com total desrespeito, tanto por parte dos proprietários quanto dos legisladores. A falta de informação aos frequentadores, sobre os níveis de pressão sonora, a falta de medidas de proteção para os que laboram nestes ambientes e às inexistentes fiscalizações, contribui diretamente para que nenhuma medida preventiva seja tomada.

#### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para esta pesquisa serão utilizados trabalhos acadêmicos na área de segurança, Normas regulamentadoras, Ministério do Trabalho, bem como obras e artigos pertinentes ao assunto.

## 2 REVISÃO BIBLOGRÁFICA

Será abordado neste capítulo a importância do som e o funcionamento do sistema auditivo, bem como as legislações vigentes.

A figura 1 a seguir ilustra os variáveis níveis de pressão sonora existente no nosso dia a dia, bem como, o nível tolerável e o prejudicial.

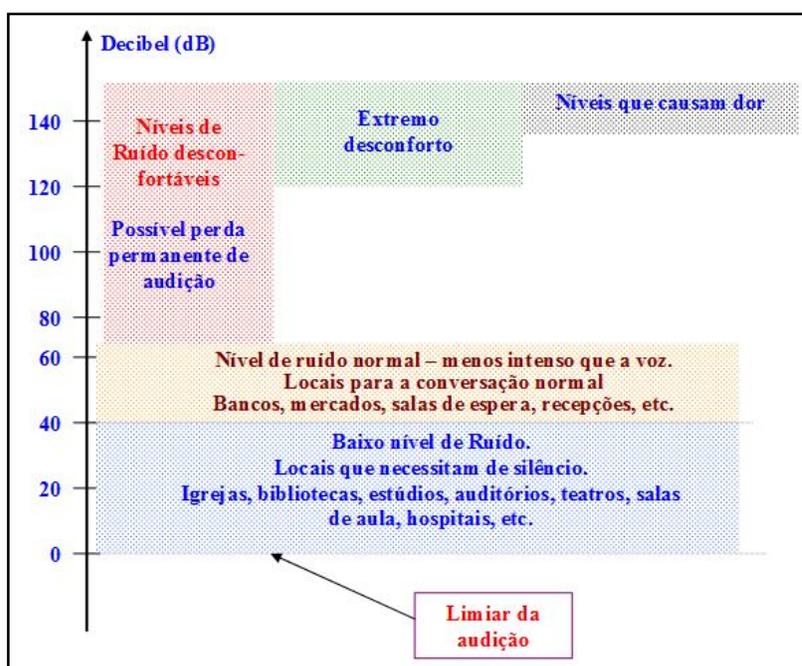


Figura 1 – Níveis de Pressão Sonora em alguns ambientes  
Fonte: Fernandes (2005, p.20)

### 2.1 SOM E RUÍDO

Som e ruído diferente do que muitos imaginam, não são sinônimos. O ruído é apenas um tipo de som, mas um som não é necessariamente um ruído. Pode-se definir o ruído como sendo um som indesejável. O som é simplesmente a variação de pressão dentro dos limites perceptíveis pelo ouvido humano (VIEIRA, 2009, p.735).

A eliminação por completa do ruído além de ser uma tarefa muito difícil não chega a ser importante no nosso meio. Porque o controle do ruído a níveis toleráveis deve ser o

objetivo principal. Quando há ausência de ruído em um devido ambiente, pode ser tornar muito perturbador, já que dependendo dos casos, o indivíduo poderá ouvir em casos extremos o ruído do seu próprio batimento cardíaco, sabendo que, o coração bate com certa frequência e regularidade, isto pode ser tornar algo estressante para uma pessoa (BISTAFA, 2011, p.18).

Para o ruído de fundo, embora se recomende reduzir o nível de ruído, os mesmos não devem ser inferior a 30 dB (A). Porque, segundo os autores: “se o ruído de fundo for muito baixo, qualquer barulho de baixa intensidade acaba sobressaindo-se e distraindo a atenção.” (DUL; WEERDMEESTER, 2012, p.83).

Pode-se observar que o efeito do ruído no indivíduo não depende somente das suas características: amplitude, frequência, duração, mas também da atitude do indivíduo frente a ele (VIEIRA, 2009, p.728).

<b>Direto</b>	Surdez temporária requerendo recuperação	
	Surdez progressiva	
	Aumento cumulativo de penosidade	
	Distúrbio de atenção e de memória	
	Comunicações perturbadas	
	Isolamento profissional	
<b>Indireto</b>	Estado geral	Aumento da sensação de fadiga
		Ansiedade, agressividade
		Perturbações do sono
	Fisiológico	Hipertensão arterial
		Vertigens
		Problemas digestórios
		Tensão muscular
		Perda da imunidade das células auditivas
	Vida social	Dificuldade de relacionamento e período de recuperação
		Isolamento progressivo do círculo familiar

**Quadro 1 – Efeitos diretos e indiretos do ruído no indivíduo**

Fonte: Mattos e Másculo (2011, p.244)

Segundo Bistafa (2011, p.17) som, são vibrações das partículas que se propagam a partir de estruturas vibrantes. Entretanto normalmente precisam de um simples estímulo para que agite as partículas do ar e produzam a variações de pressão.

Mattos e Másculo (2011, p.236) definem que todo barulho é oriundo de uma vibração, se algo vibra pode produzir um som audível. Ainda segundo os autores, as moléculas quando estão em repouso, obedecem a uma distância prudente. Quando estas

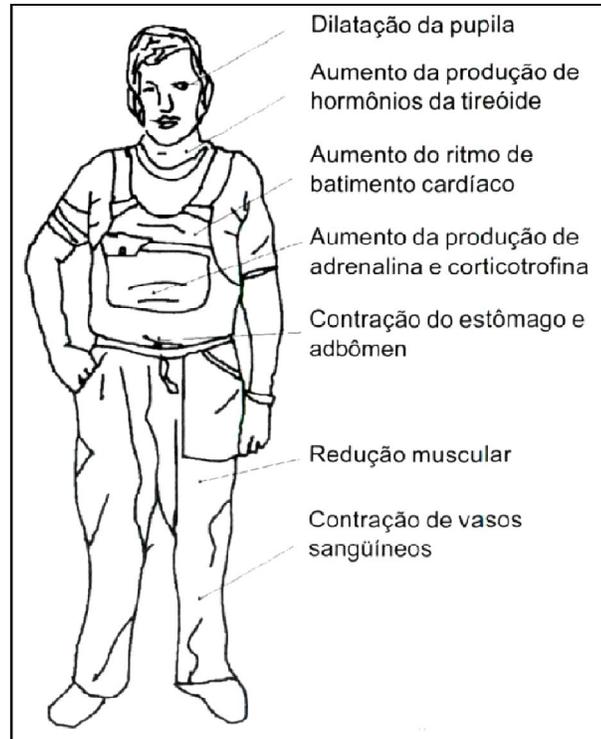
moléculas são agitadas com a vibração é criada duas zonas bem distintas: uma contendo um grande volume de moléculas agrupadas devido ao choque e outra zona próxima contendo uma rarefação de moléculas, portanto uma considerável falta de moléculas. A este fenômeno damos o nome de intensidade sonora, em que muitas pessoas a conhecem como volume.

Com a variação de pressão no ar, o som somente será percebido pelo órgão auditivo, se o movimento cíclico de vibração estiver dentro dos limites de rapidez e intensidade das vibrações: dentro de 20 e 20.000 vezes por segundo, para que possa ser percebido pelo órgão auditivo, também conhecido como faixa de áudio. Isto significa que, frequências abaixo de 20 Hz (Infrassom) e acima de 20.000 Hz (ultrassom) as frequências não chegam a serem percebidas pelo nosso sistema auditivo (IAZZETTA, 2013).

Além da variação de pressão, para que o som seja percebido, a frequência deve estar na faixa de 1.000 Hertz a 4.000 Hertz, nesta faixa a audição responde a uma sensibilidade de audição maior que em outras frequências. (VIEIRA, 2009, p.729).

Deve-se observar que não há deslocamento permanente de moléculas, ou seja, não há transferência de matéria, existe apenas deslocamento de energia (VIEIRA, 2009, p.728). Ainda de acordo com o autor, existem exceções como no caso de grandes explosões, em pontos bem próximos ao evento, ocorrem pequenos deslocamentos permanentes de moléculas.

Segundo Mattos e Másculo (2011, p.244), além da perda auditiva, o ruído pode causar no indivíduo diferentes efeitos, sendo eles diretos: como distúrbios na concentração e memória do indivíduo, comunicação perturbada, isolamento profissional. Ou indiretos: Ansiedade agressividade, perturbação do sono, hipertensão arterial, problemas digestórios, perda da imunidade das células auditivas, e problemas na vida social do indivíduo.



**Figura 2 – Efeito do ruído no corpo humano**  
 Fonte: Vieira (2009, p.741)

## 2.2 DESCRIÇÕES DAS ONDAS SONORAS

Kroemer e Grandjean (2005, p.251), definiram o som como sendo qualquer movimento mecânico repetido que gera flutuações na pressão do ar. Essas flutuações que se dissipam como onda, da mesma forma que ocorrem quando se mexe na água, quando ela esta parada. A extensão dessa variação de pressão determina a intensidade da sensação. A pressão do som é subjetivamente percebida por nos, como sendo altura do som, enquanto que a frequência é percebida subjetivamente como tonalidade.

O nível audível, como comentado anteriormente compreende uma faixa de frequência da ordem de 20 Hertz a 20.000 Hertz. Claro que em casos de frequências menores, infrassons e frequência acima de 20.000 Hertz, ultrassom, são prejudiciais à saúde. O individuo se por muito tempo estiver exposto a ondas infrassom, poderá ter a síndrome do viajante, onde os efeitos são dores de cabeça, vômito, enjoos. Caso fique exposto ao Ultrassom terá a sensação de queimadura na pele (MATTOS; MÁSCULA, 2011, p.241).

Kroemer e Grandjean (2005, p.252), afirmam que a sensibilidade humana está na faixa de 2000 a 5000 hz. Boa parte da fala humana esta entre 300 a 700 hz.

Vieira (2009, p.730) definiu propagação do som como sendo ondas de características esféricas propagadas a partir de uma fonte. A propagação pode sofrer influencias por presença de obstáculos na trajetória, vento e temperatura.

### 2.2.1 Nível de Pressão Sonora

O nível de pressão sonora é medido em Decibéis dB, em homenagem a Graham Bell, o inventor do telefone, isto significa que “Esta relação logarítmica é definida como Bel, mas é empregada a unidade que representa um décimo dela, que é mais conveniente, chamada decibel, designada como dB.” (MENDES, 2007, p.519).

O limiar de audição que corresponde a zero dB é  $2 \times 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>, é o nível de pressão sonora por metro quadrado que chega a ser perceptível pelo sistema auditivo, a uma frequência de 1000 Hertz. Essa percepção de limiar pode chegar efetivamente a 200 N/m<sup>2</sup>, valor este que pode ocasionar uma lesão imediata. (MENDES, 2007, p.519).

### 2.2.2 Frequência e Comprimento de Onda

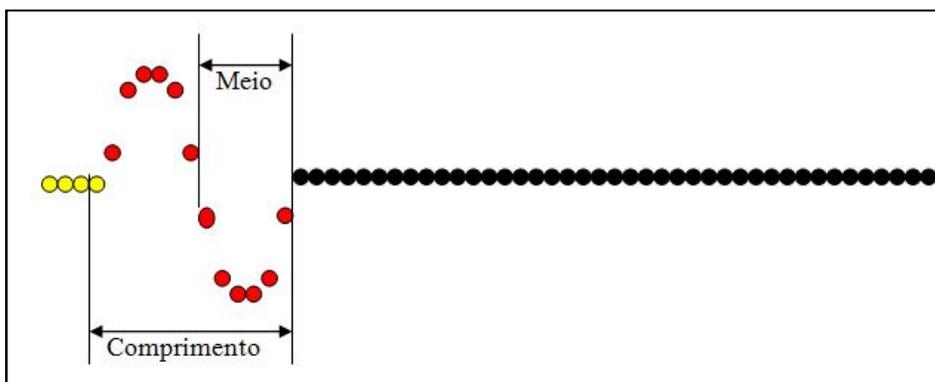
De acordo com Ruiz (2000), frequência é o número de vezes que uma oscilação, de pressão, é repetida dentro de certo tempo. A Frequência é medida em Hertz por segundo, pelo sistema internacional de medidas, em homenagem a Heinrich Hertz, físico alemão que descobriu as onda eletromagnética e a relação existente entre período e frequência (MENEZES, 2003, p21). Ainda de acordo com o autor, a frequência também determina a característica do som. Quanto maior o comprimento de onda, mais graves será a característica deste som.

Mattos e Másculo (2011, p.237) define-se frequência como sendo o espaço de tempo entre uma ocorrência e outra, ou um ciclo e outro. Ainda de acordo com os autores, deve-se ter cuidado em analisar os dados, porque se tratando de ocorrências dentro de 1 segundo, temos que o tempo de ocorrência de um fenômeno e outro é denominado período (T), que

fisicamente é o inverso da frequência. Ao vibrar as moléculas formam duas zonas distintas, uma com rarefação e outra com certo volume de moléculas. Então a quantidade de vezes que o fenômeno ocorre num intervalo de tempo igual a 1 segundo, definimos como frequência (Hertz).

Define-se comprimento de onda o espaço percorrido pela perturbação, até o ponto em que a partícula passe a repetir o movimento o mesmo movimento (FERNANDES, 2005, p.8).

O som se propaga de forma ondulatória a velocidade de propagação depende das características da onda e do meio do qual se propaga, no caso do ar, a velocidade dependerá da pressão atmosférica e da densidade do ar (BREVIGLEIRO, POSSENON, SPINELLI, 2010, p.236).



**Figura 3 – Demonstração do Comprimento de Onda**  
**Fonte: Fernandes (2005)**

### 2.2.3 Velocidade do som

Velocidade do som é definida por Menezes (2003, p.46) como sendo a velocidade com o qual o som viaja no espaço, do ponto emissor ao ponto receptor. Essa velocidade dependerá da propriedade do ar: temperatura do ar, umidade relativa do ar, porém em termos de ar padrão, ar considerado seco, em uma temperatura de 20° *Celsius*, o som viaja a uma velocidade aproximada de 343 metros por segundo (MENEZES, 2003, p.47).

De acordo com Fernandes (2005, p.26) a velocidade de propagação do som no ar, depende da densidade e da pressão do ar. A densidade do ar é bastante influenciada pela temperatura do ar, seguida pela umidade relativa do ar.

**Tabela 1 – Velocidade de propagação do som**

<b>GASES</b>	
<b>Meio</b>	<b>Velocidade do som (m/s)</b>
Hidrogênio (0° C)	1261
Hidrogênio (15° C)	1290
Nitrogênio (0° C)	377
Nitrogênio (15° C)	346
Oxigênio (0° C)	346
Oxigênio (15° C)	324
<b>LÍQUIDOS</b>	
Água (20° C)	1490
Benzeno (20° C)	1250
Clorofórmio (20° C)	960
Etanol (20° C)	1168
<b>SÓLIDOS</b>	
Aço (20° C)	5000
Alumínio (20° C)	5040
Chumbo (20° C)	1200
Cobre (20° C)	3710
Latão (20° C)	3500
Rocha	até 6000
Vidro	5370

**Fonte: Fernandes (2005)**

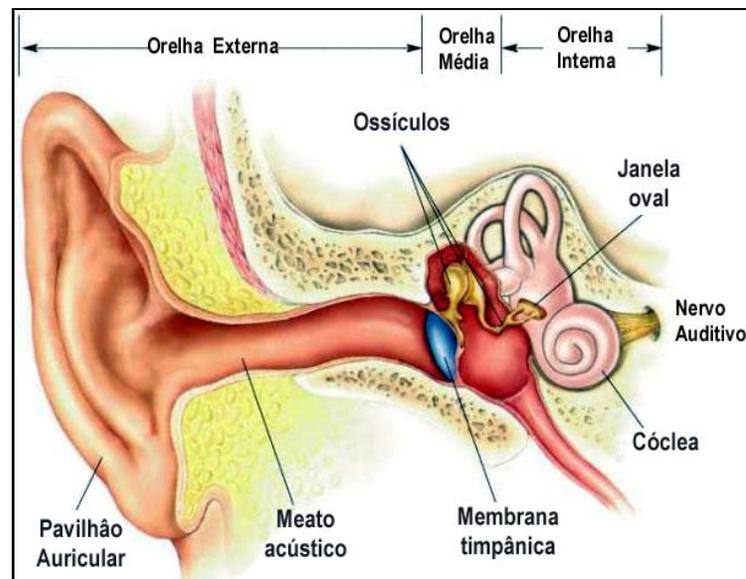
### 2.3 SISTEMA AUDITIVO

O ouvido é responsável por coletar os estímulos externos, transformando as vibrações sonoras em impulsos que são encaminhadas para o cérebro. Para fins de estudo,

devido à complexidade do sistema, ele é dividido em: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno (FERNANDES, 2005, p.36).

De acordo com Bistafa (2011, p.43), existe uma sequência lógica de eventos que ocorre quando um som é efetivamente gerado de uma fonte até chegar a uma percepção, segundo o autor o som se comportará da seguinte maneira:

- O som é gerado (somente será percebido pelo sistema auditivo se estiver dentro da faixa audível de 20Hz a 20.000 Hz).
- O som se propaga até a aurícula e, em seguida, para o interior do conduto auditivo externo (aurícula tem a função de imprimir certa direção ao som. Antigamente acreditavam que era um órgão sem nenhuma utilidade).
- O Tímpano vibra
- Os Ossículos da orelha média vibram
- Ondas de pressão são efetivamente transmitidas para o líquido no interior da cóclea
- A cóclea codifica o som
- O som codificado é transmitido ao cérebro via nervo auditivo



**Figura 4 – Anatomia da Orelha Humana**  
**Fonte: UNESP (2013)**

Resumidamente para que ocorra uma percepção auditiva, a trajetória sonora deve iniciar na fonte sonora, na qual provoca uma variação de pressão, essa variação chega até os pavilhões auditivos, também conhecidos como orelha, onde o próprio formato das empurra o som para o canal auditivo. Nesse canal auditivo, o sistema é dividido basicamente em: ouvido externo, médio e interno (MATTOS; MÁSCULO, 2011, p.238).

No ouvido externo, a principal função do sistema é capturar o som e estabelece ligação do meio externo para o meio interno. A função do pavilhão auditivo é de extrema importância para captura e amplificação primária do som. Com o passar do tempo quando o indivíduo tem a sua audição reduzida, pelo envelhecimento, conhecida como presbiacusia. Com isso às orelhas podem aumentar de tamanho, para compensar a perda do sistema. (MATTOS; MÁSCULO, 2011, p.239).

Segundo as definições de Ruiz (2000, p.21) sobre a importância do pavilhão auditivo. O seu formato, dependendo da posição em que se encontra o ouvinte, pode ser responsável por um acréscimo de 07 a 10 dB(A) na faixa de frequência de 2.000 a 5.000 Hertz.

Mattos e Máscula (2011, p.239) ainda afirma que, no ouvido médio ocorre a conversão e amplificação do som emitido para o sistema interno. Com a ajuda dos ossículos a pressão é transformada em energia hidráulica. O tímpano, situada na área inferior do ouvido médio, está efetivamente acoplado a três pequenos ossos: martelo, bigorna e estribo.

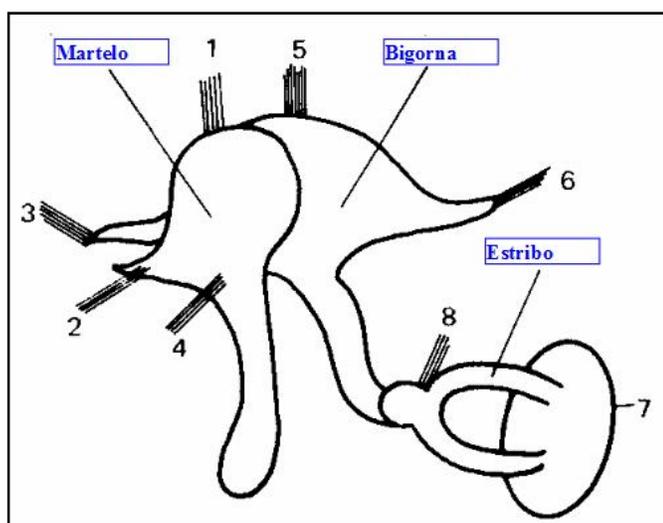
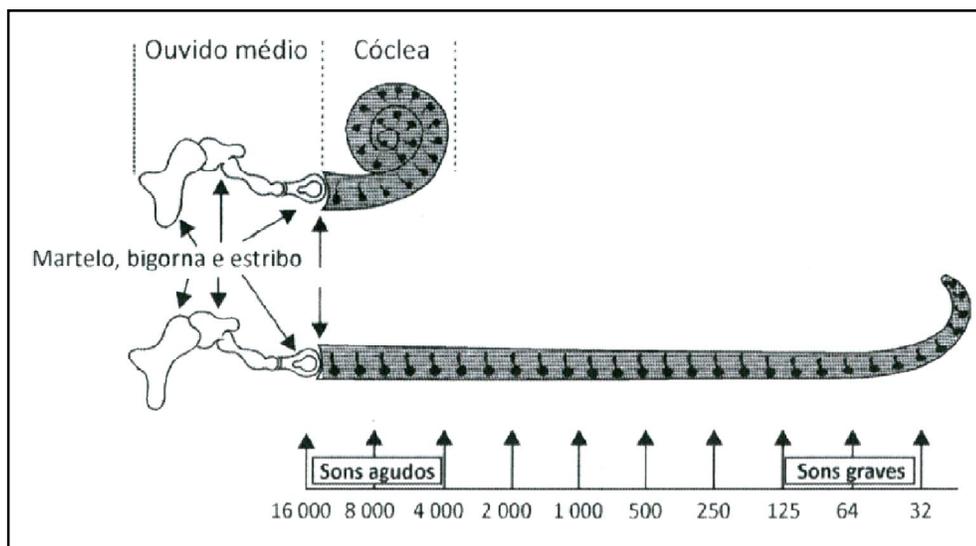


Figura 5 – Demonstração da Orelha Média  
Fonte: Fernandes (2005, p.38)

Na Figura 4, podemos observar os três principais ossículos: martelo, com o ligamento superior (1), ligamento anterior (2), ligamento lateral (3) e músculo tensor do tímpano (4). A bigorna com o ligamento superior (5), ligamento posterior (6). O estribo com o ligamento anular (7) e o músculo estapédio (8), o percussor responsável por proteger a audição contra ruídos excessivos (FERNANDES, 2005, p.38).

O som é reduzido na membrana timpânica, até chegar ao estribo que golpeia o líquido coclear, pertencente ao ouvido interno. Quando o som chega à cóclea os impulsos são transformados em pulsos elétricos transferidos para o cérebro eles podem ser percebidos (MATTOS E MÁSCULA 2011, P.239).



**Figura 6 – Representação da esquemática do Ouvido Interno**  
 Fonte: Mattos e Másculo (2011, p.240).

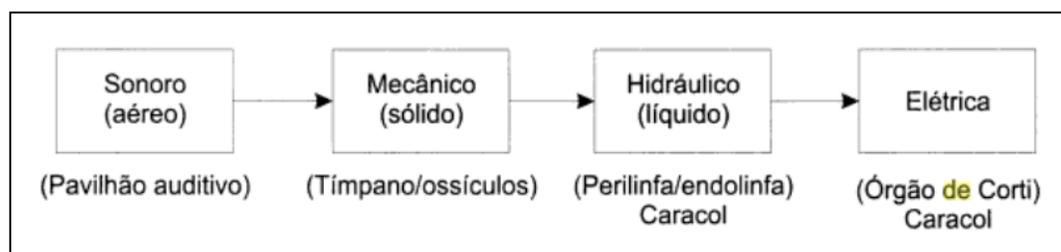
De acordo com Vieira (2009, p.738) quando o som chega até a cóclea, passa por um tubo central onde as vibrações nas membranas Basais e Tectória, em sentido oposto, estimulam as células a produzirem sinais elétricos. Sabe-se que, as ondas percorrem distâncias diferentes ao longo da cóclea, com tempos de atraso, dependendo da frequência do som. Essa diferença permite ao ouvido humano distinguir as diversas frequências do som (VIEIRA, 2009, p.738).

Quando o som sai da membrana timpânica em direção à cóclea ocorre uma redução de energias. “As vibrações sonoras originadas no meio aéreo são refletidas ao encontrarem

um meio líquido e perdem 999 milésimos de sua força; só um milésimo da energia sonora consegue atravessar a barreira líquida e alcançar o aparelho” (RUIZ, 2000, p.23).

De acordo com Ruiz (2000, p.24) a transmissão do som do ouvido médio para ouvido interno, consiste numa perda de aproximadamente 30 dB, do meio aéreo, orelha externa, para o líquido, orelha interna. Segundo o autor: “devido a grande diferença de mobilidade entre os dois meios, a cadeia ossicular atua como um transformador mecânico que equaliza as impedâncias”.

Todo esse maravilhoso sistema auditivo conta com vários mecanismos de defesa, o mais interessante deles é a Trompa de Eustáquio, responsável por proteger parte do ouvido médio. A Trompa é ligada efetivamente à garganta e a boca, serve para equilibrar as diversas pressões do ar (VIEIRA, 2009, p.736).



**Quadro 2 – Fluxograma da Audição Humana**  
**Fonte: Brevigliero; Possebon; Spinelli (2010, p.241)**

### 2.3.1 Via óssea

Segundo Costa (2003, p.88) o som sensibiliza o sistema auditivo não só através do ouvido externo (pavilhão auditivo), pois boa parte da intensidade energética chega ao ouvido interno também através da estrutura óssea e dos tecidos da cabeça.

Existem duas formas de o nosso organismo receber os estímulos sonoros. Através da via aérea, como já visto anteriormente e pela condução através da via óssea, aonde os estímulos chegam à ao ouvido interno (cóclea), através da vibração propagada pelos ossos do corpo humano, principalmente oriundas da caixa craniana. Podemos perceber este estímulo quando estamos mastigando algum alimento (FERNANDES, 2005, p.40).

Depois de geradas as vibrações em alguma região do corpo, elas são transmitidas para o ouvido médio (ossículos), onde são conduzidas diretamente para a cóclea. Embora seja possível ouvir através da via óssea, ela não representa uma boa efetividade. Se não usássemos a audição, via aérea, teríamos uma atenuação no sistema auditivo de 60 dB (FERNANDES, 2005, p.40).

## 2.4 PERDA AUDITIVA

Para Dul e Weerdmeester (2012, p.83) se uma pessoa estiver exposta a um ambiente, onde o nível de pressão sonora se encontra acima de 80 dB (A), durante oito hora de trabalho, pode provocar a surdez se as medidas de proteção não forem tomadas. Além disso, o incremento de 3dB, num ambiente, deverá ter uma redução do tempo de exposição pela metade.

Pode-se identificar que qualquer redução na sensibilidade é considerada perda de audição (VIEIRA, 2009, p.738). Ainda de acordo com o autor, exposições em níveis elevados de ruído e por um longo tempo, danificam as células da cóclea, porque em certas situações de ruído. O tímpano, raramente não é danificado pelo ruído industrial.

De acordo com Ruiz (2000) no Brasil, a surdez é a segunda maior causa de doença profissional. O ruído afeta o homem, nos planos físico, psicológico e social. Porque além de danificar o sistema auditivo o ruído é responsável direto pela irritabilidade do indivíduo, falhas na comunicação e a redução do rendimento do trabalhador.

Segundo Bistafa (2011, p.60) existem dois tipos de perdas de audição, condutiva e a neurossensorial. De acordo com o autor, a primeira ocorre quando o som é impedido de chegar à orelha interna e a perda neurossensorial ocorre quando há serias lesões na cóclea ou das fibras nervosas.

Deve-se lembrar de que, após 48 horas de exposição a excessivos ruídos por um longo período de tempo, de exposição, pode-se ocorrer a perda auditiva permanente. Também pode ocorrer a perda se a pessoa estiver sendo exposta a altos níveis de ruído por um período curto de tempo (HEAR IT, 2013).

### 2.4.1 Perda Condutiva

Este tipo de lesão ocorre fora da cóclea, podendo ocorrer na região da orelha média (geralmente causa otite média, otosclerose, aerotite média) ou externa do ouvido (infecção, tímpano perfurado, corpos estranhos). Muitos casos da perda condutiva se dão por algum tipo de infecção, podendo neste caso o paciente perder a audição temporariamente. Há outros casos em que esta complicação somente poderá ser sanada com reparações através de cirurgias. Em casos mais extremos de perda auditiva condutiva, a audição somente poderá ser compensada com próteses auditivas (BISTAFA, 2011 p.60).

As pessoas que sofrem esse tipo de lesão conseguem ouvir bem somente a sua própria voz, os sons que estão próximos, oriundos de outras fontes acabam sendo percebidas pelo sistema. Isso ocorre porque, o som se propaga de duas maneiras: via aérea (pelo ar, através de ondas, que já foi explicado anteriormente) e via óssea onde as ondas sonoras caminham pelo nosso corpo através da vibração. Esta vibração é conduzida pelos nossos próprios ossos até os ossículos do ouvido médio e diretamente até a cóclea. Então em casos de perdas auditivas condutivas o meio mais eficiente de propagação é a via óssea (FERNANDES, 2013).

Os ossículos possuem um meio de proteção contra níveis elevados de pressão. Pois vibram de acordo com um determinado eixo, por meio de três pequenos músculos, bigorna, martelo e estribo. O nível de pressão sonora quando atinge 90 dB(A), faz com que os músculos se posicionam de modo a mudar o eixo de vibração, diminuindo a amplitude das ondas sonoras, ocorrendo um tipo benéfico de amortecimento (BREVIGLIERO, POSSEBON, SPINELLI, 2010, P.241).

### 2.4.2 Perda Neurosensorial

Diferente do que ocorre na perda condutiva, na neurosensorial a pessoa tende a falar alto para poder ouvir melhor a sua própria voz. Esse tipo de lesão ocorre na cóclea ou no nervo auditivo. As próteses auditivas não apresentam bons resultados como no caso da perda condutiva. O sucesso de reparação neste caso vai depender muito do local onde ocorreu a lesão, do grau de perda auditiva (BISTAFA, 2011, p.60).

Ainda de acordo com o autor, a perda neurosensorial pode ser repentina ou gradual. Entre as causas repentinhas, citamos:

- Doenças, caxumba, infecções, meningite;
- Lesões na região do crânio;
- Trauma acústico repentino (tiros, explosões);
- Alguns tipos de drogas que afetam o sistema nervoso central.

Das causas de perdas neurosensoriais graduais citadas pelo autor: neurites (doença que ataca os nervos), tumores na região craniana, presbiacusia, que é a surdez por envelhecimento, que de acordo com o autor, é mais acentuada nos homens do que nas mulheres e a surdez induzida por ruídos. De todas as perdas neurosensoriais, esta citada por último será objeto de estudo e de aprofundamento na próxima seção.

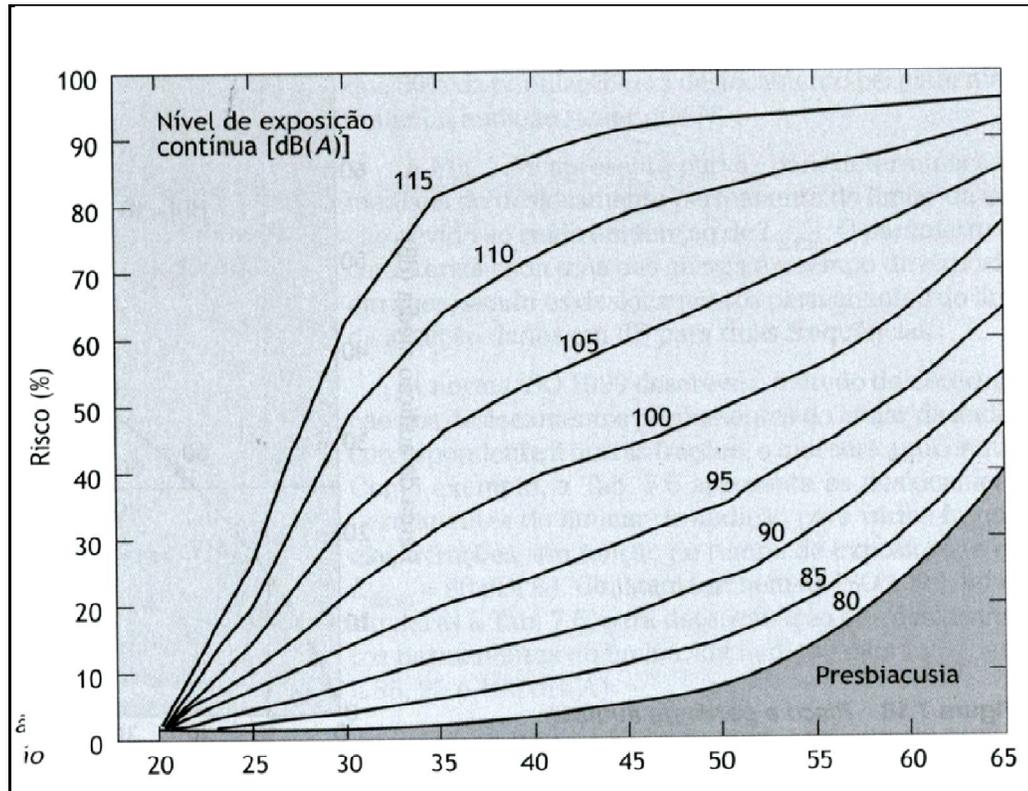
## 2.5 PERDAS AUDITIVAS INDUZIDAS POR RUÍDO – PAIR

A principal característica da Perda auditiva Induzida por ruído – PAIR depende quase exclusivamente de duas variáveis: exposição a ruídos a níveis de pressão sonora elevados, acima dos valores fixados e tidos como toleráveis, e a exposição de forma contínua da pessoa num determinado tempo, podem ocasionar serias lesões na região coclear. Dependendo dos casos a lesão poderá ser permanente ou temporária (BISTAFA, 2011, p.61).

De acordo com Davis e Silvermann (1970 apud Ruiz, 2000, p.38), podemos classificar as perdas auditivas em:

- Normal: até 25 dB
- Leve: de 26 a 40 dB
- Moderada: de 41 a 70 dB
- Severa: de 71 a 90 dB
- Profunda: maior que 91 dB

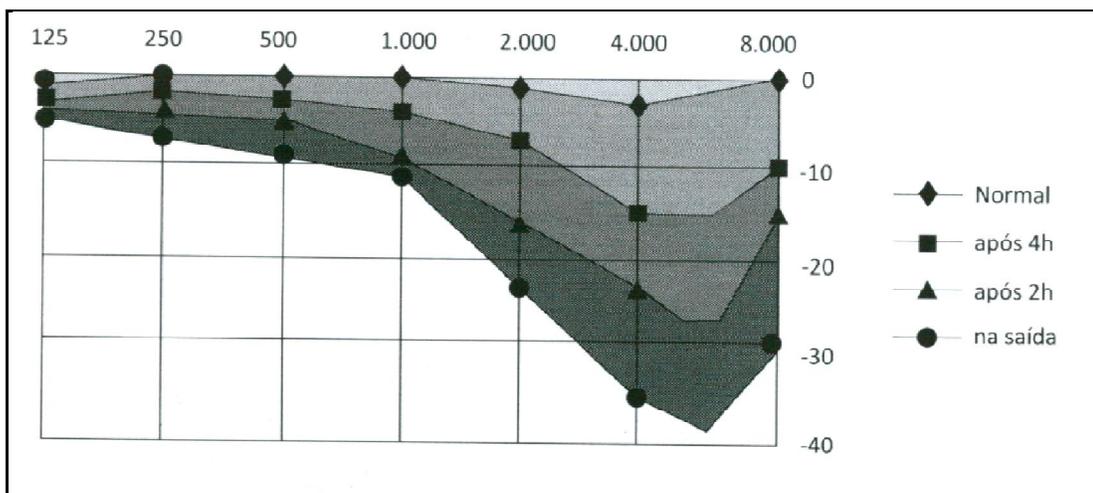
Herdman (2002, p.215) argumenta que no caso da perda auditiva leve, também conhecida por perda branda, já é suficiente para causar no indivíduo um atraso no efetivo na fala e no entendimento de uma conversação.



**Figura 7 – Relação da exposição versus a probabilidade da antecipação da Presbiacusia**  
 Fonte Lort et al. (1980) apud Bistafa (2011)

Eficamente pode-se diagnosticar ou não a perda auditiva através da realização de exames. A audiometria tonal limiar é o exame de rotina audiológica mais indicada pelos médicos nessa situação (PALMA, 1999).

De acordo com Mattos e Másculo (2011, p.242) em um exame feito em vários trabalhadores, exame audiométrico, que permaneceram durante um longo tempo em um ambiente efetivamente ruidoso o organismo eleva o limiar de audibilidade, aumenta o limiar de altas frequências a fim de proteger o sistema auditivo. Conforme pode ser visto no gráfico a seguir, após um tempo de recuperação o limiar de audição também ao seu nível normal de audição.



**Figura 8 – Audiograma realizado com pessoas recém-expostas ao um ambiente ruidoso**  
**Fonte: Mattos e Másculo (2011, p.242).**

Na literatura técnica além de encontrarmos o termo técnico: perda auditiva induzida por ruído – PAIR, muitos autores também o termo PAIRO (Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional). Nas próximas seções será mais conceituado o assunto.

### 2.5.1 Perda Auditiva Permanente e Temporária

A principal diferença entre a Perda Permanente e temporária está no limiar de audição, a faixa em que os sons podem ser percebidos. A lesão permanente também conhecida como alteração permanente do limiar ocorre quando o indivíduo, que lesiona as células ciliadas. Neste caso a reposição por meios artificiais não é possível. A perda Temporária do limiar, o indivíduo voltará a ouvir novamente após a exposição intensa do ruído. Neste caso não há a destruição ou comprometendo as células ciliadas, após certo tempo as células recuperam-se voltando as suas funções normais (BISTAFA, 2011, p.61).

Segundo Ruiz (2000, p.31) a lesão permanente pode ser conhecida quando ocorrem os desvios permanentes dos limiares auditivos ocorrendo também alterações no fluxo coclear, alterações nos estereocílios (amolecimento, colapso, fusão, alongamento). Com isso, terá um acréscimo de células lesadas, acarretando na redução dos processos ativos da própria célula,

como a capacidade de contração da própria célula, ocasionando a degeneração de fibra nervosa do órgão de Corti. Após ocorrer a degeneração, não é mais possível recuperar o limiar de audição.

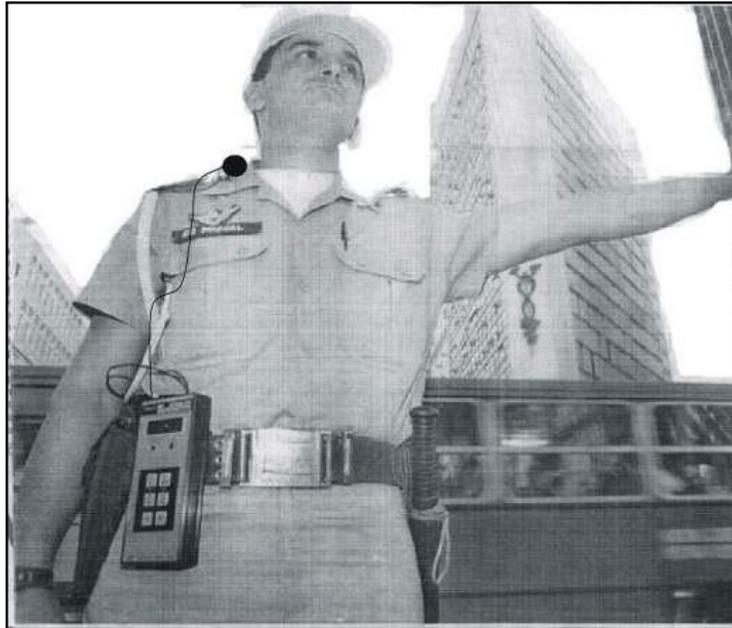
### 2.5.2 Zumbido

Segundo Cavalcanti (2012) o zumbido além de estar diretamente ligada a surdez, ele pode ser um indicativo da existência de tumores, estresse excessivo, problemas dentários, além de distúrbios no metabolismo, como diabetes, hipertireoidismo, colesterol e pressão alta. Entretanto, a maioria dos casos está relacionada à perdas auditivas em seus diferentes níveis.

É comum o caso de pessoas que sofreram a perda de audição permanente sentirem uma sensação de zumbido. Isto ocorre porque existe uma amplificação da região da cóclea que aumenta a sensibilidade auditiva quando os sons emitidos das fontes sonoras são de baixo nível e o contrário também pode ocorrer, reduzindo a sensibilidade. Desta forma o zumbido é um mecanismo de controle, que é ativado pelo próprio organismo a fim atenuar o ruído do ambiente (BISTAFA, 2011 p.62).

## 2.6 EQUIPAMENTOS PARA MENSURAÇÃO

Atualmente existem dois tipos de equipamentos que servem para mensurar nível de pressão sonora. Também são chamadas de audiômetro ou medidor de pressão sonora, porém comercialmente os encontramos como decibelímetro e dosímetro. Este citado por último, por se tratar de um equipamento de uso pessoal, contendo um microprocessador e tamanho que permite realizar todas as tarefas com a maior mobilidade e transporte, além de possuir um microfone que pode ser instalado próximo do ouvido do trabalhador é mais eficiente e eficaz do que comparado com o decibelímetro. Diferente do decibelímetro, com o dosímetro é possível realizar inúmeras interações, durante um intervalo de tempo, e no final obter valores de dose acumulada. O mesmo seria impossível se utilizássemos um decibelímetro, porque a característica do decibelímetro é a medição pontual (BISTAFA, 2011, p.145).



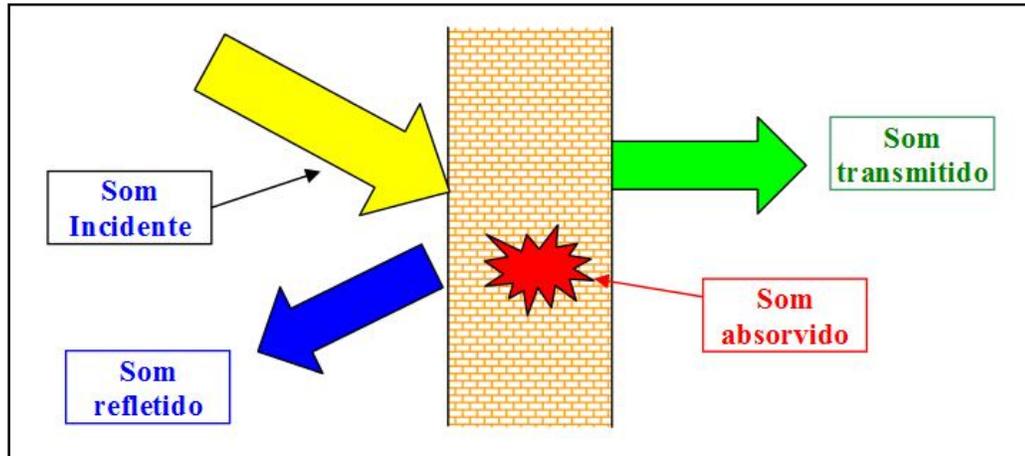
**Figura 9 – Guarda de trânsito utilizando um Dosímetro**  
**Fonte: Educativa (2013).**

Ainda de acordo com Bistafa (2011, p.145), as interação e informações sobre nível de pressão e tempo de exposição podem ser armazenadas de modo que, possam de servir para possíveis análises, garantindo assim, uma maior confiabilidade nas medições, podendo também, dependendo do modelo do equipamento, ele pode oferecer outras ferramentas de adicionais de apoio: gráficos, média ponderada, projeções no tempo, níveis de frequência.

O tempo de observação deve ser suficiente para assegurar certa confiabilidade do nível de pressão sonora em análise (MENDES, 2007, p.537).

## 2.7 ABSORÇÕES DO SOM EM LUGARES FECHADO

Segundo Bistafa (2011, p.243), o som emitido pela fonte, em um ambiente fechado, incidirá sobre a superfície: parede, barreiras acústicas, uma parte do som é refletida novamente para dentro ambiente e as outras duas partes acabam se dissipando na superfície, e a ultima parte acaba sendo refletida para fora da superfície. Então temos três energias: Dissipada, absorvida e transmitida, conforme é ilustrado na figura abaixo:



**Figura 10 – Comportamento do som numa superfície**  
 Fonte: Fernandes (2005, p.29)

Ainda segundo o autor, para uma melhor absorção do som num recinto fechado, a escolha de paredes e barreiras tipo fibrosas: lã de vidro, lã de rocha, ou porosos: espumas de poliuretano torna-se imprescindível.

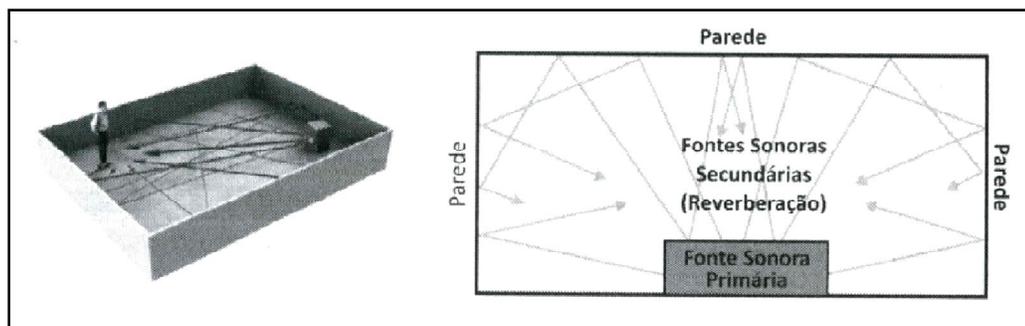
A característica básica dos materiais fibrosos e porosos é a absorção que acontece via dissipação sonora basicamente por atrito, ou seja, o bom material permite que o ar entre no interior da estrutura do material e movimente-se com. Não são todos os materiais que possuem essa propriedade (BISTAFA, 2011, p 244).

### 2.7.1 Reverberação

Fernandes (2005, p.33) define reverberação como sendo uma confusão existente entre som emitido, por uma fonte sonora e som refletido. Neste caso, tem-se uma leve impressão de audição do som no ambiente mais prolongada. Quando o som é gerado num determinado ambiente, escuta-se primeiramente o som direto e logo em seguida o som refletido.

Segundo Mattos e Másculo (2011, p.255) definem reverberação como sendo um efeito combinado da fonte primária com as secundárias. Se tratando de um recinto fechado devem-se tomar alguns cuidados quanto à acústica: recintos com predominância de

isolamento acústico atrapalha a comunicação efetiva, porque haverá uma pequena refletância das ondas propagadas da fonte primária. Mas em lugares com característica de refletância, poderá haver certo desconforto acústico ocasionado pela reverberação, onde as ondas primárias combinadas com as secundárias dão uma sensação de intensidade sonora ou amplificação sonora. Pois o som quando atinge as paredes, dependendo da característica do material, reflete das paredes do recinto fechado criando inúmeras fontes secundárias e uma nítida impressão de aumento da pressão sonora. Mas não há de fato uma amplificação do som no recinto, apenas um bombardeio de fontes secundárias, que após colidirem com a parede, retornam ao indivíduo. Este é o chamado efeito reverberação, conforme é ilustrado abaixo.



**Figura 11 – Demonstração do efeito da reverberação em um recinto fechado**  
 Fonte: Mattos e Másculo (2011, p.255)

A reverberação está relacionada a outras variáveis, além do material de isolamento acústico, dependem também da característica geométrica, úmida do ar. (MATTOS; MÁSCULO, 2011, p.255).

### 2.7.2 Difração

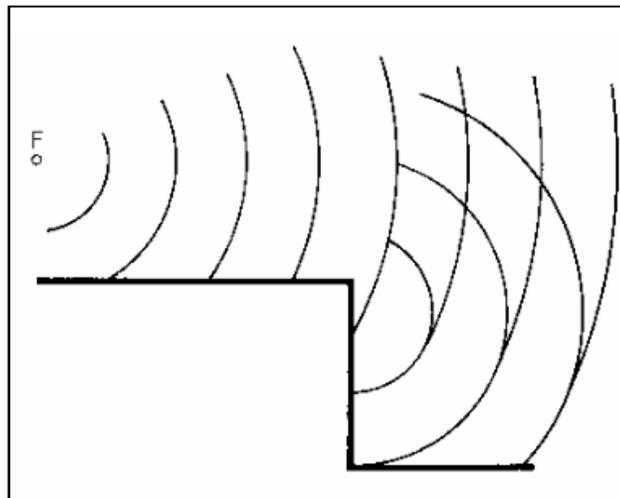
Fernandes (2005, p.10) define difração como sendo um movimento ondulatório de capaz de contornar obstáculos. A difração é mais bem explicada através dos princípios de Huyghens-Fresnel. O som consegue desviar de obstáculos ou propaga-se por todo um ambiente, através de uma abertura e brechas.

As ondas sonoras quando encontram um obstáculo, continuam sua propagação em linha reta. Na realidade as ondas se recompõem após o obstáculo (FERNANDES, 2005, p.10).

Segundo Menezes (2003, p.54) os sons graves tendem a sofrer maior difração que os sons agudos, Porque o primeiro preenche melhor os espaços no ambiente do que os sons agudos. Percebe-se essa diferença quando instalamos alto falante em um ambiente fechado, onde sons agudos necessitam de certo ganhos no volume, para compensar proporcionalmente o volume do som graves.

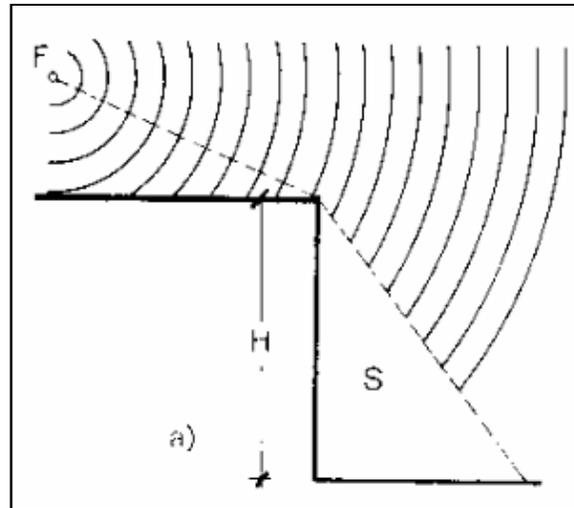
A principal característica do som grave, frente à difração, é conseguir contornar objetos e se propagar no ar com uma tamanha efetividade (FERNANDES, 2005, p.32).

Conforme a ilustração a seguir, podemos ter uma ideia de como se comporta as ondas após os obstáculos.



**Figura 12 – Som Grave contornado um objeto**  
**Fonte: Fernandes (2005, p.32)**

Na figura a seguir, podemos identificar na imagem, uma região de sombra acústica, representada pela letra S. A difração do som depende do tamanho do obstáculo, representado pela letra (H) e do comprimento de onda. Portanto, quando o comprimento de onda for menor que o tamanho do obstáculo, existirá uma sombra acústica (FERNANDES, 2005, p.32).



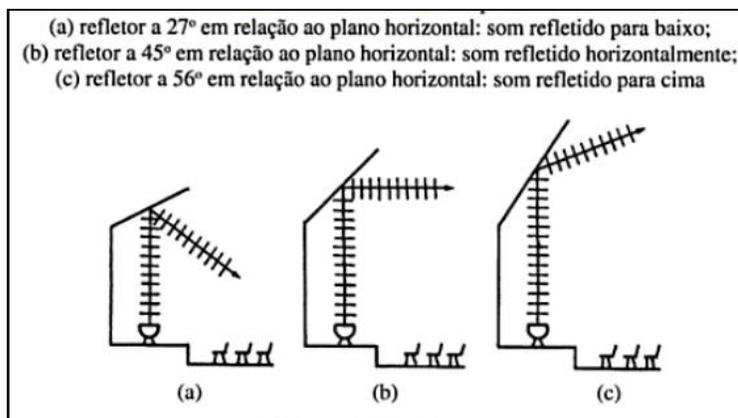
**Figura 13 – Som agudo contornado um objeto**  
**Fonte: Fernandes (2005, p.32)**

### 2.7.3 Reflexão e absorção

De acordo com Menezes (2003, p.51) as ondas se propagam em todas as direções, mas boa parte das ondas tende a se propagar em direção ao teto. Com isso, as ondas não se dissipam, mas são refletidas novamente para o ambiente. A principal característica deste fenômeno sonoro é a capacidade pela qual tem de refletir de volta um determinado som, quando atinge uma superfície ou um objeto qualquer.

Ainda de acordo com o autor, a importância da reflexão em ambientes fechados, salas auditorios, teatros, são projetados levando em consideração a projeção do som em direção ao público, de acordo com uma angulação. De acordo com Fernandes (2005, p.30), ambientes sem um aprimorado projeto acústico, apresentam sérios problemas na inteligibilidade da linguagem. São grandes exemplos disso: grandes igrejas, salão de clubes.

Na figura a seguir, mostra a importância de um efetivo projeto acústico, levando em consideração, os aspectos da reflexão:



**Figura 14 - Efeitos da Reflexão**  
 Fonte: Menezes (2003, p.52)

Para Fernandes (2005, p.30) existem superfícies em que a reflexão chega a se quase 100%. Numa superfície, a reflexão é diretamente proporcional à composição de um material, principalmente se as características forem de dureza. Portanto materiais como concreto, mármore, azulejo, vidro possuem características descritas pelo autor.

Então, o som é refletido por qualquer objeto, independentemente da sua forma e de seu tamanho. Mas se o objeto a ser refletido possui superfície lisa, a reflexão tenderá a ser regular e constante (MENEZES, 2003, p.51).

Absorção é a característica de alguns materiais de não permitir que o som emitido, seja refletido por uma superfície. Então, pode-se definir absorção como sendo a quantidade de som dissipado, transformado em calor, mais a quantidade de som transmitido (FERNANDES, 2005, p.30).

## 2.8 LEGISLAÇÕES VIGENTES

O Ministério do Trabalho, através da portaria 19 definiu o PAIR (Perda Auditiva Induzida por Ruído) como sendo: “Entende-se por perda auditiva por níveis de pressão sonoros elevados as alterações dos limiares auditivos, do tipo sensorineural, decorrente da exposição ocupacional sistemática a níveis de pressão sonoros elevados.” (BRASIL, 1998).

Uma forte característica da perda auditiva é a sua irreversibilidade quanto ao limiar de audição e pode ter uma progressão gradual da doença caso o indivíduo continue exposto

aos altos níveis de ruído. Depois de identificado da perda, devem-se apresentar medidas corretivas, o mais importante, afastar o trabalhador imediatamente do risco, conforme define a portaria. Depois de cessada a exposição ao ruído, não haverá progressão da redução auditiva (BRASIL, 1988).

A Norma Regulamentadora (BRASIL, 1978) não permite exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para trabalhadores que não estejam adequadamente protegidos. Laborar sem os equipamentos de proteção em Ambientes de trabalhos que não atendam ao requisitos da norma, corre o risco de ter o ambiente devidamente interditado.

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

**Quadro 3 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente**  
 Fonte: Brasil (1978)

## 2.9 GRUPOS HOMOGÊNIO DE EXPOSIÇÕES

Segundo a Norma de Higiene Ocupacional (FUNDACENTRO, 2001), grupo homogêneo corresponde a um determinado número de colaboradores que estão expostos a uma exposição semelhante ao restante do grupo, por isso, o resultado das avaliações de exposição de uma parte do grupo representa a exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo.

Para determinação do grupo homogêneo de exposições, é de suma importância ter informações sobre a característica do local examinado e dos colaboradores que lá laboram. Geometria e as dimensões do ambiente, característica das paredes, teto devem ser considerados para determinação do grupo (MENDES, 2007, p.536).

### 3 METODOLOGIA

As mensurações de ruído, de que trata este trabalho, foram realizadas em uma Casa de Entretenimento, também conhecidas como: casa noturna, boate, discoteca, casas de show. Localizada na região central de Curitiba – Paraná.

Por motivo de sigilo e por respeitar as condutas éticas do proprietário da casa, não será divulgado o nome do estabelecimento nem informações confidenciais que venham comprometer o proprietário do estabelecimento.

De acordo com Mendes (2007, p.536) para etapa da metodologia de trabalho, deve-se observar:

- Coleta de informações do ambiente, o tipo de ruído, a exposição dos trabalhadores.
- Medição do ruído, definição dos grupos homogêneos de exposição, duração e controle das medidas efetuadas.
- Elaboração dos dados
- Apresentação e interpretação dos dados
- Registro dos dados

Seguindo os passos metodológicos sugeridos por Mendes (2007, p.536), foram coletadas informações sobre o ambiente. Posteriormente foram feitas as medições e determinadas os grupos homogêneos de exposição.

#### 3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Atualmente existem dois tipos de equipamentos amplamente comercializados: decibelímetro e o dosímetro. Ambos podem realizar as medições, porém como já foi comentado nos capítulos anteriores, o dosímetro foi escolhido devido as suas funcionalidades, sofisticação e precisão.

O equipamento usado para as quantificações trata-se de um dosímetro, modelo DOS 500 da INSTRUTHERM, estritamente calibrado pelo aparelho calibrador: calibrador acústico CAL 3000, também mesmo fornecedor e os mesmos estão com o Certificado de Calibração.

Para as medições, devem ser ajustados alguns parâmetros do equipamento, para que a mensuração possa ser considerada válida. Seguindo as recomendações da Norma Regulamentadora NR 15 (BRASIL, 1978), a NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO..., 2000, p.1) e NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO..., 1987, p.1) foram realizados ajustes nos parâmetros do dosímetro: Nível de critério 85 dB, nível limiar 80 dB fator duplicativo da dose sendo 5, conforme sugere a legislação brasileira. A constante de tempo ou de resposta foi ajustada em (*slow*), resposta lenta, devido às características do ruído no ambiente ser contínuo.



**Figura 15 – Dosímetro de uso pessoal**  
**Fonte: Instrutherm (2013)**

### 3.2 DOSIMETRIA

Depois de configurado os parâmetros do dosímetro, conforme exige à legislação brasileira, o equipamento pôde ser colocado próximo à cintura do avaliado, para não incomodá-lo durante as medições. O cabo com microfone e com clipe de lapela obrigatoriamente deve ser colocado próximo ao ouvido do avaliado.

Depois de realizadas a medição, torna-se indispensável à utilização de microcomputador com recursos básicos para geração de gráficos e dose projetada.

### 3.3 PROCEDIMENTOS PÓS-MEDIÇÃO

Depois de instalado o software em um microcomputador é possível obter os dados da mensuração através dos gráficos: nível sonoro em dB(A) pelo tempo de exposição, o histograma de frequências. Dados estes imprescindíveis, pois a intensidade sonora e frequência influenciam diretamente na perda auditiva.

Além dos gráficos o equipamento oferece a projeção de dose, o horário de ocorrência dos eventos, os níveis sonoros minuto a minuto facilita assim a verificação de valores máximos e mínimos.

### 3.5 CÁLCULOS

Para este trabalho foi necessárias à utilização de equações. Indispensável à determinação do tempo máximo permitido, onde se determina qual o tempo de exposição máximo tolerável, para que os trabalhadores e clientes possam ficar expostos sem a utilização de equipamentos de proteção individual. Na equação (1) é possível calcular o tempo máximo permitido:

$$\text{Tempo Máximo} = \frac{16}{2^{\frac{NPS-80}{5}}} \quad (\text{Eq.1})$$

- Onde **NPS** é o nível de pressão sonora encontrado no ambiente.

Os dosímetros fornecem ao final das medições uma dose, dada em % (porcentagem). Segundo a Norma Regulamentadora NR 15 (BRASIL, 1978), 100% da dose equivalem a 8 horas de trabalho, onde 85dB(A) representa o valor referência.

Para determinarmos o nível de pressão sonora equivalente ou representativo LAVG é necessário realizarmos o seguinte cálculo:

$$LAVG = 85 + \frac{10 \times q}{3} \log \left[ \frac{8 \text{ horas} \times D\%}{T_{\text{exp}} \times 100\%} \right] \quad (\text{Eq.2})$$

- **q** é o fator de troca. (pela NR 15, equivale a 5 dB. Alguns países europeus é tido como 3 dB).
- **T exp:** Equivale ao tempo de medição no ambiente, tempo em que o equipamento de medição sonora realizou a quantificação.
- **D %:** Dose fornecida pelo equipamento de medição.

A equação (2) torna-se indispensável quando se tem a dose, dada em percentagem e procura-se o nível médio ponderado em dB(A).

### 3.5.1 Cálculo da dose projetada

Segundo Bistafa (2011, p. 146) pode-se utilizar esta equação quando a dose varia linearmente com o tempo de projeção. Se tratando de casa noturna e pela característica do som, contínuo, o uso da equação de projeção torna-se importante. Por se tratar de um ambiente fechado com poucas divisórias, existiram poucas variações dos níveis de pressão sonora. Os dosímetros também fornecem ao final de cada medição, as doses projetadas para 8 horas de trabalho, NR 15 (BRASIL, 1978).

$$Dose \text{ Projetada} = \frac{Tempo \text{ Projetado}}{Tempo \text{ de Exposição}} Dose(\%) \quad (\text{Eq.3})$$

- **Tempo projetado:** deve-se informar para quantas horas será projetado
- **Tempo de exposição:** período de medição efetuada até o momento (horas)

- **Dose (%):** Dose medida até o momento.

Mendes (2007, p.539) “Normalmente a monitoração é executada em um arco de oito horas. No entanto, quando a variabilidade é uniforme através das 8 h, a amostra de 4 h fornece uma boa estimativa”.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

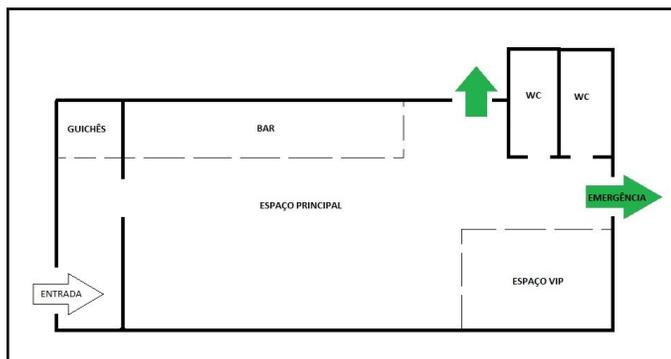
Os resultados das medições foram importantes para determinar exatamente: qual era o nível de exposição que uma pessoa está exposta dentro de uma casa noturna. Normalmente, as pessoas que frequentam e até mesmo os trabalhadores, percebem que estão expostos a um som ensurdecador, mas, talvez intensidade sonora para algumas pessoas seja apenas sinônimo de bom som.

### 4.1 CASA AVALIADA

As medições foram realizadas no dia 15 de fevereiro de 2013, no período das 00h54 as 04h53, neste horário a casa noturna estava lotada. Os ritmos musicais predominantes naquela casa foram: o *dance*, seguido pelo *funk*, sertanejo universitário, pagode e *rap*.

O dosímetro de ruído foi ajustado próximo ao banheiro do estabelecimento, num espaço protegido por um isolamento acústico. Naquele setor da casa, o nível de pressão sonora ficou entre: 83 dB(A) a 86 dB(A). Neste setor, laborava um senhor que não utilizava os equipamentos de proteção individual.

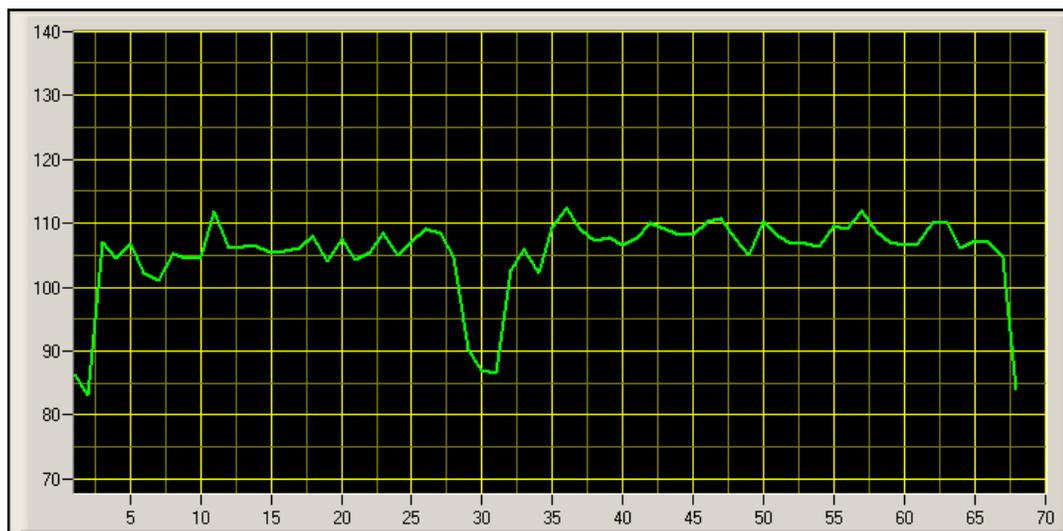
No espaço principal da casa de *show*, sem nenhuma divisória de setores, os valores obtidos chamam a atenção: os níveis de pressão sonora, em nenhum momento da medição, ficaram abaixo dos 100 dB(A).



**Figura 16 – Espaço físico da casa avaliada**  
**Fonte: O Autor (2013)**

#### 4.1.1 Análise dos gráficos

Na figura 15 pode-se notar que, em boa parte da exposição ao ruído, o avaliado ficou exposto a 107,1 dB(A). O eixo das abscissas refere-se ao tempo de exposição, e no eixo da ordenadas, os níveis de pressão sonora.

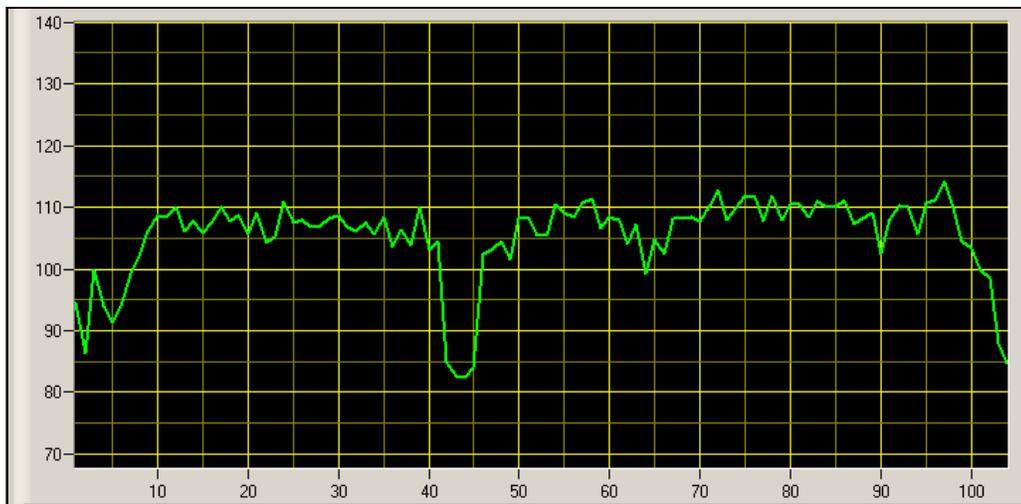


**Figura 17 – Nível sonoro realizada no período das 01h17 às 02h25**  
**Fonte: O Autor (2013)**

Os três instantes em que o nível de pressão sonora ficou abaixo de 100 dB(A), vistos na figura, trata-se do momento em que o avaliado dirigiu-se ao setor descrito anteriormente, onde devido às divisórias existentes no local, fez com que o ruído fosse atenuado.

O avaliado ficou exposto a uma dose de 302,9%. Nesta primeira avaliação o mínimo encontrado foi de 83 dB(A), próximo ao banheiro, e o máximo 111,9 dB(A), no salão principal.

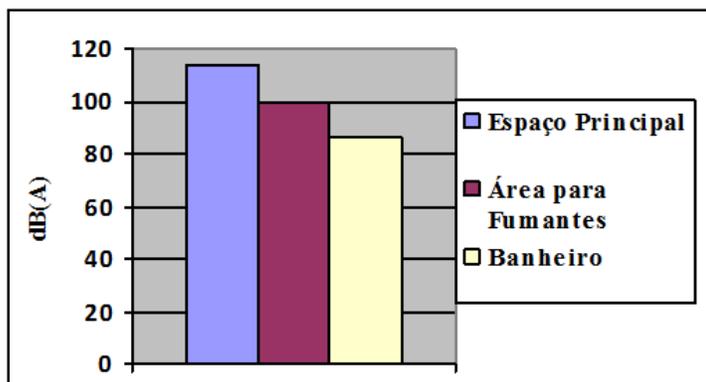
Utilizou-se a equação (1) para determinar qual seria o tempo máximo de exposição permitido, já que o valor médio ponderado encontrado no ambiente foram de 107,1 dB(A) e a Norma Regulamentadora NR 15 (BRASIL, 1978) não especifica o tempo aproximado para 107 dB(A). Porém com auxílio da equação (1), sabe-se que este tempo máximo permitido é de 22 minutos.



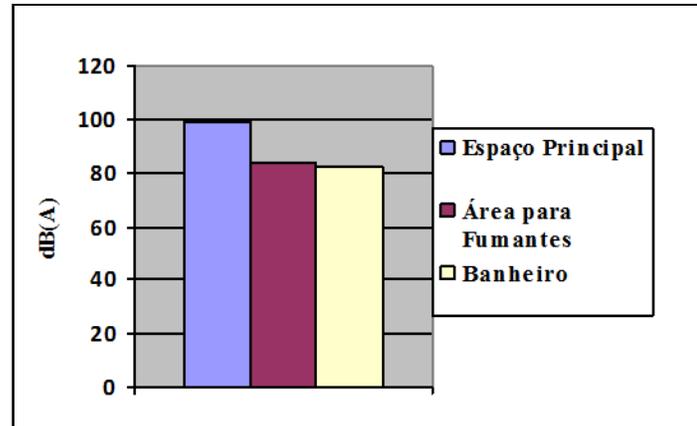
**Figura 18 – Nível sonoro realizada no período das 02h25 às 04h09**  
**Fonte: O Autor (2013)**

Na segunda avaliação a dose em que o avaliado recebeu foi de 479,4%. Nesta avaliação o mínimo encontrado foi de 82,3 dB(A), no espaço destinados a fumantes e o máximo foi de 114,2 dB (A), salão principal.

No caso da Figura 16, o nível de pressão sonora ponderado foi de 107,4 dB(A). A Norma Regulamentadora 15 (BRASIL, 1978), permite que os trabalhadores fiquem ali por no máximo 21 minutos.



**Figura 19 – Valores máximos**  
**Fonte: O Autor (2013)**



**Figura 20 – Valores mínimos**  
**Fonte: O Autor (2013)**

#### 4.2 MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Para os trabalhadores que laboram durante todo o período de trabalho nas casas noturnas, é necessário à utilização de medida de proteção, uma vez que os níveis sonoros ultrapassam os limites permissíveis da legislação brasileira.

A legislação brasileira sugere que primeiramente sejam utilizadas medidas de proteção coletivas, seguidamente por medidas administrativas e por fim, de forma paliativa o fornecimento de equipamento de proteção individual (EPI).

No caso da Casa de Entretenimento avaliada: os seguranças, serventes de limpeza e ajudantes deveriam usar equipamentos de proteção individual, com atenuação superior a 24 dB(A).

Para os barman's, onde a comunicação é importantíssima, a utilização de equipamentos de proteção individual poderia atrapalhar ainda mais a comunicação dos colaboradores. A melhor resolução do problema seria uma medida de engenharia, na qual contemplaria a criação de um novo espaço acusticamente protegido reservado especialmente para estes trabalhadores, onde além de resolver o problema do nível de pressão sonora, melhoraria na comunicação efetiva entre colaborador e cliente.

Medidas administrativas não seriam viáveis, pois o tempo máximo permitido para trabalhos na casa noturna é de 21 minutos. Sabe-se que, as casas noturnas normalmente

operam a mais de 5 horas por noite, dosar os trabalhadores sairia muito caro, uma vez que para executar uma única atividade a casa necessitaria de mais 14 trabalhadores.

## 5 CONCLUSÃO

Os níveis de pressão sonora encontrados na casa noturna deste estudo atestam que os níveis sonoros encontrados, desobedecem todas as normas vigentes e que clientes e colaboradores ficam expostos a níveis de pressão sonora sem a proteção devida de equipamentos ou métodos de proteção. Se tratando de casas de entretenimento, o uso de equipamentos de proteção individual EPI pelos colaboradores, não seria bem visto pelos proprietários das casas noturnas, uma vez que, a utilização do equipamento chamaria muito a atenção dos clientes e também dificultaria ainda mais a comunicação entre os colaboradores.

Outra medida a ser tomada é pertinente à informação aos clientes sobre os níveis sonoros e os riscos aos quais estão expostos. Os trabalhadores, devem estar devidamente protegidos com equipamentos que atenuem o som em pelo menos 24 dB(A), através do uso de Equipamento de Proteção Individual, conforme ordena as legislações vigentes.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Acústica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico – Conforto Acústico - apresentação. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados – Tratamento acústico - apresentação. Rio de Janeiro, 1992.

BENJAMIN, Miguel R. **Etnografia das Casas Noturnas**. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/pt/bolsas/139227/etnografia-casas-noturnas-cidade-sao>>. Acesso em: 15 Mar. 2013.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao controle do Ruído**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

BRASIL. **Normas Regulamentadoras** (1978). NR15. Disponível em: ><http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR15%20%28atualizada%202011%29%20II.pdf>> Acesso em: 24 Mar. de 2013.

BREVIGLIERO, Elzio; POSSEBON, José; SPINELLI, Robson. **Higiene Ocupacional**. Agentes biológicos, químicos, físicos. 5. Ed. São Paulo: Senac, 2010.

COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

EDUCATIVA. **Guarda de trânsito usando um dosímetro** [2013?]. Fotografia. Disponível em: ><http://www.educativa.org.br/servicos/mad-a7-9.htm>>. Acesso em: 04 Fev. 2013.

FERNANDES, J. C **Acústica e Ruído**. São Paulo, 2005. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Disponível em: ><http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/acustica/apostila.htm>>. Acesso em: 10 de Jan. 2013.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 01**. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO01.pdf>> Acesso em 24 mar. 2013.

GLOBO. **Zumbido no ouvido pode indicar diversas doenças.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2012/11/medico-potiguar-alerta-zumbido-no-ouvido-pode-indicar-diversas-doencas.html>>. Acesso em 10 Fev. 2013.

HEAR – IT. **Casas noturnas podem prejudicar sua audição.** Disponível em:> <http://www.port.hear-it.org/Casas-noturnas-podem-prejudicar-sua-audi-o>>. Acesso em: 30 Mar. 2013.

HERDMAN, Suzan. J; **Reabilitação Vestibular.** 2. Ed. São Paulo: Manole, 2002.

IAZZETTA, Fernando. **O Som.** Os meios de propagação. Disponível em: ><http://www.eca.usp.br/prof/iazzetta/tutor/acustica/introducao/som.html> > Acesso em: 01 Jan. 2013.

ITEST. **Dosímetro de Ruído Digital Portátil?** [2013?]. Fotografia. Disponível em: <[http://www.itest.com.br/produtos\\_descricao.asp?codigo\\_produto=52](http://www.itest.com.br/produtos_descricao.asp?codigo_produto=52)>. Acesso em 12 Jan. 2013.

KROEMER, K. H. E; GRANDJEANE et al. **Manual de Ergonomia.** Adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Tradução: Lia Buarque de Macedo Guimarães. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MACHADO, Anaxágoras A. **Poluição Sonora, Crime Ambiental.** Disponível em: <http://jus.com.br/revista/texto/5261/poluicao-sonora-como-crime-ambiental> . Acesso em 31 de Mar. 2013.

MATTOS, Ubirajara; MÁSCULO, Francisco (organizadores). **Higiene Saúde e Segurança do Trabalho.** Rio de Janeiro: Elsevier/Campus/ABEPRO, 2011.

MEDEIROS, Luana B. **Ruído: Efeitos extra-auditivos no corpo humano.** 1999. 36 f. Monografia de Conclusão de Curso – Programa de Especialização em Audiologia Clínica, Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica e Audiologia Clínica, 1999. Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/ruído-luana-medeiros.pdf>>. Acesso em 01 Fev. 2013, 09:42.

MENEZES, Flo; **A acústica musical em palavras e sons.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

MENDES, René (organizador). **Patologia do Trabalho.** 2. Ed. São Paulo: Atheneu, 2007

PALMA, Dóris C. **Quando o ruído Atinge a audição**. 1999. 48 f. Monografia de Conclusão de Curso – Programa de Especialização em Audiologia Clínica, Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica e Audiologia Clínica, 1999. Disponível em: <<http://www.cefac.br/library/teses/eec6828d182c8b34af8bdc403d26c989.pdf>>. Acesso em 01 Abr. 2013, 22:18.

RUIZ, C. de A. et al. **Manual de Consenso**, O Estudo do Ruído. São Paulo, 2000. Disponível em: >[www.higieneocupacional.com.br/download/ruído-conrado.doc](http://www.higieneocupacional.com.br/download/ruído-conrado.doc)>. Acesso em: 20 Fev. 2013.

UNESP. **Sistema Auditivo?** [2013?]. Ilustração, color. Disponível em: <[http://www2.ibb.unesp.br/nadi/Museu2\\_qualidade/Museu2\\_corpo\\_humano/Museu2\\_como\\_funciona/Museu\\_homem\\_nervoso/Museu\\_homem\\_nervoso\\_audicao/Museu\\_homem\\_nervoso\\_audicao.htm](http://www2.ibb.unesp.br/nadi/Museu2_qualidade/Museu2_corpo_humano/Museu2_como_funciona/Museu_homem_nervoso/Museu_homem_nervoso_audicao/Museu_homem_nervoso_audicao.htm)>. Acesso em: 28 Mar. 2013

VIEIRA, Sebastião I. **Manual de Saúde e Segurança do Trabalho**. 2.ed (2.tiragem). São Paulo: LTR, 2009.

WEERDMEESTER, Bernard; DUL Jun et al. **Ergonomia Prática**. 3.ed. Tradução: Itiro Iida. São Paulo: Blucher, 2012.