



ESCOLA SUPERIOR DE
TECNOLOGIA DA SAÚDE
DE LISBOA



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

**A Importância das Otoemissões Acústicas num
Programa de Conservação de Audição em
Trabalhadores Expostos ao Ruído**

Daniela Alexandra Ferreira Monteiro

Orientador: Pedro Miguel Ferreira Martins Arezes

Coorientador: João Nuno Freitas de Almeida

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho

Lisboa, 2013

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

**A Importância das Otoemissões Acústicas num
Programa de Conservação de Audição em
Trabalhadores Expostos ao Ruído**

Daniela Alexandra Ferreira Monteiro

Orientador: Pedro Miguel Ferreira Martins Arezes

Coorientador: João Nuno Freitas de Almeida

Júri

Presidente: Carla Viegas

Arguente: Nelson Costa

Arguente: Ana Monteiro

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho

Lisboa, 2013

Índice Geral

Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vii
Índice de Siglas e Abreviaturas.....	ix
Agradecimentos.....	xi
Resumo	xii
Abstract	xiii
Introdução.....	14
Capítulo 1. O Som	16
1.1 Definição do Som	16
1.2 Características Físicas do Som	16
1.2.1 Frequência.....	16
1.2.2 Intensidade	17
1.3 Som Puro	17
1.4 Ruído	18
1.5 Nível Sonoro	19
1.6 Ruído em Ambiente Ocupacional	21
Capítulo 2. O Ouvido.....	24
2.1 Anatomia e Fisiologia do Ouvido	24
2.2.1 Ouvido Externo	24
2.2.2 Ouvido Médio.....	24
2.2.3 Ouvido Interno.....	26
2.2.3.1 Cóclea	26
2.2.3.2 Vestíbulo.....	29
2.4 Enervação coclear	30
Capítulo 3. Perda Auditiva Induzida pelo Ruído	31
Capítulo 4. Programas de Conservação da Audição	37
Capítulo 5. O Audiograma Tonal Simples e As Otoemissões Acústicas.....	42
5.1 Audiograma Tonal Simples	42
5.2 Otoemissões Acústicas	44
5.2.1 Otoemissões Acústicas Espontâneas	46

5.2.2 Otoemissões Acústicas Transitórias	46
5.2.3 Otoemissões Acústicas por Produtos de Distorção.....	47
5.3 As Otoemissões Acústicas e a Exposição ao Ruído.....	48
6. Metodologia	50
6.1. Objetivo do Estudo	50
6.1.1 Objetivos Específicos.....	50
6.2. Questões de Investigação	51
6.3. Tipo de Estudo	51
6.4. Procedimento do Estudo	51
6.6. Definição da População e da Amostra.....	53
6.7. Definição das Variáveis	53
6.8. Avaliação da Exposição ao Ruído Ocupacional.....	53
6.9. Aplicação do Questionário.....	60
6.10. Realização do Audiograma Tonal Simples e das Otoemissões Acústicas	60
6.11. Instrumentos de Recolha de Dados.....	61
6.12. Questões Éticas	62
6.13. Processamento e Tratamento Estatístico dos Dados	62
7. Resultados.....	63
7.1 Aplicação do Pré-teste	63
7.2 Resultado do Audiograma Tonal Simples.....	63
7.3 Resultado das Otoemissões Acústicas.....	65
7.4. Discussão de Resultados	66
7.5. Considerações Finais	67
Referências Bibliográficas	70
Anexos	74

Índice de Figuras

Figura 1: Som Puro.....	17
Figura 2: Ruído.....	18
Figura 3: Ouvido Médio.....	25
Figura 4: Órgão de Corti.....	26
Figura 5: Célula Ciliada interna e Célula Ciliada Externa.....	28
Figura 6: Representação da Saída de K ⁺ e Entrada de Ca ²⁺	28
Figura 7: Labirinto Ósseo.....	29
Figura 8: Representação dos estádios da surdez profissional, segundo Bell.....	35
Figura 9: Representação gráfica do Audiograma de uma PAIR.....	36
Figura 10: Representação gráfica do Audiograma.....	43
Figura 11: Esquema Representando uma sonda de OEA.....	45
Figura 12: Apresentação do resultado da pesquisa das OEAPD no ouvido esquerdo.....	62

Índice de Tabelas

Tabela 1: Valores de Ação e Valores limite.....	23
Tabela 2: Sons Diferentes com Energia Equivalente Segundo a OSHA	32
Tabela 3: Sons Diferentes com Energia Equivalente Segundo a CHABA	32
Tabela 4: Risco de Surdez devido ao Ruído, por Anos de Exposição.....	33
Tabela 5: Ações a desenvolver para a redução do risco de perdas auditivas por exposição ao ruído	38
Tabela 6: Avaliação do ruído ocupacional	53
Teste 7: Avaliação da Exposição ao ruído dos trabalhadores.....	59
Tabela 8: Resultado do Audiograma Tonal Simples para o Ouvido Direito	64
Tabela 9: Resultado do Audiograma Tonal Simples para o Ouvido Esquerdo ...	64
Teste 10: Resultado das Otoemissões Acústicas do Ouvido Direito	65

Índice de Siglas e Abreviaturas

- ATP** - Trifosfato de Adenosina
ATS - Audiograma Tonal Simples
Ca²⁺ - Cálcio
CAE - Canal Auditivo Externo
CCE - Células Ciliadas Externas
CCI - Células Ciliadas Internas
CHABA - Committee on Hearing and Bioacustics and Biomechanics
dB - Decibel
dB_A - Decibel com curva de ponderação A
dB SPL - Decibel Sound Pressure Level
DL - Decreto-Lei
DP - Produto de Distorção
Hz - Hertz
IEC - Internacional Electrotechnical Commission
ISO - Internacional Standards Organisation
K⁺ - Potássio
L_{Aeq,T} – Nível sonoro contínuo equivalente
L_{Cpico} - Nível de pressão sonora de pico
L_{EX,8h} - Exposição pessoal diária ao ruído
NF - Ruído de Fundo
NIOSH - National Institute of Occupational Safety & Health
OD - Ouvido Direito
OE - Ouvido Esquerdo
OEA - Otoemissões Acústicas
OEAT - Otoemissões Acústicas Transitórias
OEAPD - Otoemissões Acústicas por Produtos de Distorção
OSHA - Occupational Safety and Health Administration
Pa - Pascal
PAIR - Perda Auditiva Induzida pelo Ruído

PCA - Programas de Conservação da Audição

PTS - Mudança Permanente do Limiar

TTS - Mudança Temporária do Limiar

SA - Sujeito A

SB - Sujeito B

VA - Via Aérea

VO - Via Óssea

μPa - Micropascal

Agradecimentos

Ao meu Orientador, Doutor Pedro Arezes, por ter aceite o meu convite, pela disponibilidade, interesse, conselhos, pelo seu conhecimento e por toda a ajuda para que pudesse da melhor forma realizar este trabalho.

Ao meu Co-orientador, Mestre João Almeida pela disponibilidade e interesse e pela paciência para responder a todas as minhas questões.

Ao Centro Hospitalar Barreiro Montijo, EPE por ter permitido a realização do pré-teste.

À empresa que me acolheu, pois sem a sua colaboração não seria possível desenvolver este trabalho.

À minha família pelo apoio prestado, mas principalmente aos meus Pais, porque sempre estiveram comigo e sempre me apoiaram.

Aos meus amigos pelo apoio, companhia e por estarem sempre presentes.

Ao meu Agrupamento de Escuteiros e principalmente à minha Expedição, pois foram eles que de certa forma, foram os mais prejudicados pelas minhas constantes ausências.

Bem como a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

A todos o meu Muito Obrigado!

Resumo

A existência de ruído em ambientes industriais é, hoje em dia, uma realidade que se torna cada vez mais evidente. Apesar disso, também já existe maior consciência dos efeitos que o ruído tem sobre o trabalhador e ao longo dos tempos tem-se vindo a atuar na sua prevenção. Contudo, a perda de audição provocada pela exposição ao ruído continua a ser uma das principais consequências dos ambientes industriais ruidosos.

A finalidade deste estudo é verificar se as otoemissões acústicas detetam alterações na cóclea antes de se detetarem alterações no audiograma tonal simples em trabalhadores expostos ao ruído. Para que se demonstre a importância da inclusão das otoemissões acústicas nos programas de conservação da audição, demonstrando assim serem também uma mais-valia.

Este estudo será desenvolvido numa empresa em que os trabalhadores estão expostos a um $L_{EX,8h}$ de 95 dB(A) e um $L_{C,pico}$ de 128,8 dB(C) nos vários postos de trabalho.

Neste projecto foi aplicado o pré-teste realizando-se o audiograma tonal simples e as otoemissões acústicas por produtos de distorção a dois trabalhadores.

Acabada a pesquisa desenvolvida, verifica-se que as otoemissões acústicas têm um potencial interessante para poderem vir a ser usadas num programa de conservação da audição, com o objetivo da deteção precoce de alterações na cóclea em trabalhadores expostos ao ruído.

Palavras - Chave: Ruído, Otoemissões Acústicas, Programa de Conservação da Audição, Audiograma

Abstract

The existence of noise in industrial environments is a reality that becomes increasingly evident in the present days; however, today there is also a bigger awareness of the effects noise has on the worker and, throughout time, efforts have been made to prevent its occurrence. However, even so, the hearing loss caused by exposure to noise is still one of its main consequences.

The purpose of this study is to verify if otoacoustic emissions are able to detect changes in the cochlea before any changes are reflected on the pure tone audiogram performed on workers exposed to noise. This is done in order to demonstrate the importance of the inclusion of otoacoustic emissions in the hearing conservation programs, showing their importance.

This study will be developed in a company where workers are exposed to a LEX,8h of 95 dB (A) and to a Lcpico of 128,8 dB (C) in the various work positions. In this project, a pre-test was applied, with a pure tone audiogram and distortion product otoacoustic emissions being performed on two workers.

At the end of the research, it is possible to verify that otoacoustic emissions have an interesting potential of being used in a hearing conservation program, with the purpose of doing early detection of changes in the cochlea of workers exposed to noise.

Keywords: Noise, Otoacoustic emissions, Hearing conservation program, Audiogram

Introdução

Ao longo do tempo e com o desenvolvimento da indústria, o ruído começou a evidenciar-se, tornando-se num dos fatores de maior preocupação no que às condições de trabalho diz respeito. A exposição ao ruído não tem apenas consequências a nível auditivo, mas também a nível físico, psíquico e até mesmo social.

A exposição a um som de elevada intensidade pode produzir mudanças provisórias ou permanentes do limiar da audição. Uma manifestação da mudança provisória do limiar é o deslocamento temporário do limiar auditivo, que se designa por temporário porque se trata de um efeito, de certa forma, reversível (Balastsouras, Tsimpiris, & Korres, 2005).

A mudança permanente do limiar auditivo corresponde às alterações auditivas que o ruído provoca no indivíduo e que não são reversíveis, ficando para toda a vida (Katz, 1999).

Geralmente, a perda auditiva induzida pela exposição ao ruído é do tipo sensorioneural e simétrica em ambos os ouvidos.

Os trabalhadores expostos a ruído intenso devem ser acompanhados audiologicamente, sendo que este acompanhamento pode ser feito através de um Audiograma Tonal Simples (ATS), bem como através das Otoemissões Acústicas (OEA) (Coelho, Ferraz, Almeida, & Filho, 2010).

Uns dos métodos mais recentes para detectar alterações auditivas de origem coclear são as OEA, uma vez que se trata de um método tendencialmente simples, rápido e objectivo (Kós, Almeida, Frota, & Hoshinho, 2009).

As OEA são, cada vez mais, consideradas importantes na monitorização de pessoas expostas ao ruído. Esta utilização mais frequente deve-se ao facto de os danos causados pela exposição ao ruído serem detetáveis nas OEA, mesmo antes destes serem identificados, ou visíveis, no audiograma (Hall, 2000). Isto é, antes de haver alteração do limiar auditivo, já existe alteração no resultado das OEA.

A sensibilidade do meio de diagnóstico, a identificação do local específico da lesão (isto é, a frequência ou frequências lesadas), a objetividade e a rapidez da sua

aplicação são algumas vantagens que no seu conjunto fazem com que esta ferramenta de diagnóstico permita uma melhor monitorização da perda auditiva induzida por exposição ao ruído (Tinto, Rosa, & Pimentel, 1998).

Com o ATS procura-se identificar os limiares de audibilidade mínima, isto é, são determinados os níveis de intensidade sonora mínima detetáveis nas frequências geralmente analisadas (Reis, 2002).

O estudo apresentado neste projecto pretende analisar e comparar os resultados das OEA e dos ATS.

Ao longo da revisão bibliográfica realizada foi possível identificar vários estudos que indicam a existência de alterações nos resultados das OEA por exposição ao ruído, antes de as mesmas serem possíveis de identificar no ATS.

Capítulo 1. O Som

1.1 Definição do Som

As ondas sonoras são provocadas quando um corpo vibra dando origem a uma perturbação da densidade de um meio. A perturbação é propagada através do meio devido às interações moleculares, e as vibrações moleculares dão-se no sentido de propagação da onda sonora. Estas podem ser ondas longitudinais de compressão e de rarefação, podendo propagar-se num meio gasoso, líquido ou sólido (Tipler, 1991).

No ar, o som propaga-se a uma velocidade aproximada de 340 m/s, enquanto que na água se propaga a 1500m/s e a 5000 m/s no alumínio. Como se pode verificar por estes exemplos, em meios sólidos e líquidos a velocidade é substancialmente superior (Arezes, 2002).

Comparados com a pressão estática do ar, que corresponde 10^5 Pa, os níveis de pressão sonora audíveis são muito pequenos, podendo variar entre 20 μ Pa até 100 Pa. Correspondendo o primeiro ao valor mínimo a partir do qual é possível haver um estímulo auditivo e o segundo ao chamado limiar de desconforto, valor máximo a partir do qual a audição se torna dolorosa (Arezes, 2002).

1.2 Características Físicas do Som

1.2.1 Frequência

A necessidade de criar uma grandeza que quantifique no tempo a repetição dos movimentos periódicos resulta do facto destes se repetirem com regularidade. Surge assim a frequência que é definida “*como o número de ciclos efetuados na unidade de tempo*” (Henrique, 2002).

A frequência de vibração é a característica física do som que tem a capacidade de distinção de um som grave e de um som agudo.

A Gama de frequências audíveis situa-se entre os 20 Hz e os 20000 Hz, sendo que abaixo dos 20 Hz situam-se os Infrassons e acima dos 20000 Hz situam-se os Ultrassons.

1.2.2 Intensidade

A intensidade física de uma onda pode ser definida como a energia que é transmitida por unidade de área e por unidade de tempo, enquanto a intensidade auditiva é considerada uma medida da percepção humana do som. Uma onda sonora de maior intensidade física pode ser percebida pelo ouvido como tendo uma maior intensidade auditiva do que uma onda com menor intensidade física, embora a relação seja muito diferente de uma relação linear (Miguel, 2007).

O nível de intensidade já é definido através de uma escala arbitrária que corresponde à sensação de intensidade auditiva. Nesta escala o zero é definido para a intensidade física da onda sonora que corresponde ao som mais fraco que é audível (Miguel, 2007).

1.3 Som Puro

Um som puro (Figura 1) é considerado o sinal mais elementar, tendo grande importância na acústica e no processamento dos sinais em geral. A forma da onda de um som puro é a de um seno ou de um cosseno, devido à sua frequência única que lhe cria a sua especificidade. O som puro tem uma duração infinita, logo, de maneira rigorosa um som puro não existe. Contudo, um som real pode ser considerado como som puro que é truncado no tempo. A amplitude desses sons em função da frequência é designada por espectro (Henrique, 2002).

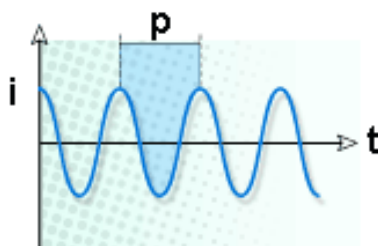


Figura 1: Som Puro (CRIC, 2003)

1.4 Ruído

O ruído pode ser definido de várias maneiras e pontos de vista. Por exemplo, do ponto de vista eletrónico e neurofisiológico o ruído é visto como um conjunto de sinais que não têm nenhuma informação e com uma intensidade que pode variar aleatoriamente com o tempo, mas para a maioria dos indivíduos o ruído é visto como um som não desejado, provocando vários obstáculos tanto a nível da comunicação como a nível físico.

Cientificamente e “do ponto de vista físico pode, definir-se ruído como toda a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um meio elástico (figura 2). Do ponto de vista fisiológico será todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável e não desejável” (Bueche, 2001).

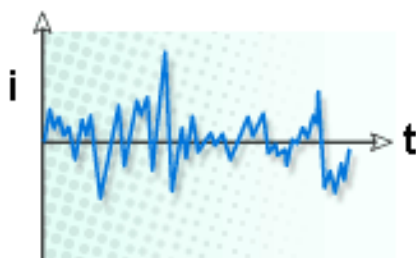


Figura 2: Ruído (CRIC, 2003)

O impacto que o ruído industrial causa sobre as pessoas depende de três características: a amplitude, a frequência e a duração (Arezes, 2002).

O ruído contínuo define-se como sendo praticamente constante e em que os níveis totais variam ligeiramente em mais ou menos 5 dB (Katz, 1999).

O ruído segundo a dependência do tempo, pode classificar-se em estacionário e não estacionário. O ruído estacionário permanece relativamente constante ou tem mínimas flutuações de nível durante o tempo de observação, enquanto o ruído não estacionário varia significativamente de nível durante o tempo de observação (Bueche, 2001).

Os padrões temporais de ruído são tipicamente classificados em três tipos: flutuante, intermitente e impulsivo. Caracteriza-se por ruído flutuante, todo o ruído com um nível que varia continuamente e que possui uma extensão apreciável durante o período de exposição (Bueche, 2001). O ruído intermitente pode ser descrito como um

som descontínuo, que durante o período de observação pode cair abruptamente para níveis mais baixos mantendo-se constante durante aproximadamente um segundo (ou superior) (Bueche, 2001). Já o ruído impulsivo consiste num ou mais impulsos que possuem uma certa violência e com uma duração não superior a um segundo (podendo ser inferior). Este tipo de ruído por sua vez pode caracterizar-se como impulsivo isolado de energia ou como impulsivo quase estável, onde uma data de impulsos com uma amplitude comparável tem intervalos menores que 0,2 segundos, entre os intervalos individuais (Bueche, 2001) (Flint, Haughey, Lund, & Niparko, 2010).

1.5 Nível Sonoro

A potência acústica pode ser emitida por qualquer fonte sonora com característica de valor fixo, relacionada com a saída da mesma. No entanto, as vibrações sonoras originadas pela fonte podem variar, pois dependem de vários fatores externos, tais como, distância e orientação do recetor, variações de temperatura, tipo de local, entre muitas outras características (Bueche, 2001).

As variações de pressão ou a intensidade das vibrações sonoras que lhes estão associadas exprimem-se em Newton por metro quadrado ($N \cdot m^{-2}$) ou Pascal e é designada por pressão sonora, a medida desta, é designada numa escala linear, mas é impraticável, pois compreende cerca de 1 milhão de unidades.

Uma vez que o ouvido humano não consegue responder linearmente aos estímulos, os parâmetros acústicos são avaliados através de uma escala logarítmica, expressa em decibéis (dB).

O decibel é definido como o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado, e corresponde, praticamente, à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir, nas condições normais de audição. Sendo a escala de valores considerada entre 0 dB e 130 dB (Freitas, 2008).

O conceito dose surge quando se pretende definir o risco de trauma auditivo, a partir de um determinado nível de ruído, o efeito do mesmo depende do produto do nível sonoro pelo tempo de exposição. Mas o cálculo simplificado do produto referido só é válido se o ruído for estável e contínuo durante o tempo em questão, mas na maioria dos casos, o nível sonoro varia com o tempo, pelo que é necessário explicitar uma relação entre o nível e a sua duração (Miguel, 2007).

O nível sonoro contínuo equivalente consegue efetivamente relacionar o nível e a sua duração. Este representa um nível sonoro constante, que se estivesse presente durante todo o tempo de exposição, produziria os mesmos efeitos, em termos de energia, que o nível variável (Miguel, 2007).

Assim determinar a radiação sonora do ruído, bem como se os níveis sonoros são passíveis de provocar dano auditivo ou deteriorar o ambiente ou a obtenção de dados para diagnósticos, são algumas das razões a que se devem as medições do ruído (Miguel, 2007).

Para a realização de medições do ruído é necessário obedecer-se a determinadas normas que indicam qual o tipo de aparelhagem bem como o modo como estas devem ser efetuadas. As normas internacionais mais importantes são a *Internacional Standards Organisation (ISO)* e a *Internacional Electrotechnical Commission (IEC)* (Arezes, 2002).

O aparelho que mais se utiliza para medir o nível de ruído é o sonómetro, existindo uma panóplia de variedades desde os que apenas dão valores aproximados de níveis sonoros, bem como sonómetros que possuem filtros de ponderação (A, B, C e D), respostas a impulsos, bem como sonómetros que já indicam o nível sonoro contínuo equivalente. O sonómetro pode ser acoplado a um analisador de frequências (filtro de oitavas ou de terços de oitava) (Miguel, 2007).

A curva de ponderação A é a que melhor responde às características auditivas do homem, pois retém apenas o que o homem ouve, porque o ouvido humano não tem a mesma capacidade de audição em todas as frequências (Freitas, 2008).

Para além do sonómetro existe ainda uma imensa diversidade de aparelhagem como por exemplo, os dosímetros que se aplicam em casos de exposição a ruído muito variável, e que permitem uma aplicação pessoal e respetiva determinação da dose a que o trabalhador foi exposto; os registadores gráficos permitem simultaneamente a obtenção dos níveis sonoros e dos registos gráficos; e registadores em fita magnética, que se utilizam quando é necessário efetuar uma análise laboral posterior (Miguel, 2007).

Para Freitas (2008) os instrumentos de medição da exposição ao ruído devem:

- Cumprir critérios legais correlativos ao controlo metrológico;
- Possuir as características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir;
- Possuir as ponderações em frequência A e B;

- Cumprir os requisitos equivalentes aos equipamentos de medição de classe 2 de acordo com a normalização internacional;

1.6 Ruído em Ambiente Ocupacional

Com o desenvolvimento da indústria ao longo dos anos, a exposição ao ruído ocupacional, nos países industrializados, continua a ser uma das principais e mais frequentes causas de doenças profissionais. Mas a alteração deste cenário só é possível por intermédio de estratégias a médio e longo prazo (Arezes, 2002).

Segundo o Decreto-Lei 186/2006 é necessário ter-se em conta que os níveis de ruído não são igualmente nocivos nas várias bandas de frequência e que as suscetibilidades individuais podem levar a efeitos muito distintos em várias pessoas de um grupo sujeito à mesma exposição.

O Decreto-Lei 186/2006 surge no sentido de regulamentar, estabelecendo e determinando um conjunto de medidas a aplicar sempre que sejam atingidos ou ultrapassados o limite de exposição e os valores de ação inferior e superior.

Para se eliminar o ruído é necessário caracterizar a exposição durante o exercício de uma atividade profissional, para avaliar o risco de perda de audição ou de outras implicações na saúde do trabalhador inerente à sua exposição. Tal caracterização é aplicável a situações de perda de audição, quando nos postos de trabalho, o nível de exposição diária, o valor máximo de pico e o nível de pressão sonora possam apresentar tais riscos (Freitas, 2008).

A Exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) define-se como um nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T (índice 0)), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB (A), dado pela seguinte expressão incluída no Decreto-Lei 186/2006 :

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq, T_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Onde:

$$L_{Aeq, T_e} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\}$$

Em que:

T_e é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

T_0 é a duração de referência de oito horas;

$p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em Pascal, a que está exposto um trabalhador;

p_0 é a pressão de referência $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ pascal = 20 oPa;

O nível de pressão sonora de pico, L (índice C_{pico}), o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C), é dado pela seguinte expressão (Decreto-Lei nº182/2006):

$$L_{C_{pico}} = 10 \lg \left(\frac{P_{C_{pico}}}{p_0} \right)^2$$

Em que $P_{C_{pico}}$ é o valor máximo de pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C, expresso em Pascal;

Segundo o Decreto-Lei 186/2006, os valores de ação superior e inferior, apresentados na tabela 1, são os níveis de exposição diária ou semanal ou os níveis da pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores. Os valores limite de exposição são o nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado. Os valores limite de exposição e os valores de ação superior e inferior, no que se refere à exposição pessoal diária ou semanal de um trabalhador e ao nível de pressão sonora de pico, podem ser visualizados na tabela seguinte.

Tabela 1: Valores de Ação e Valores limite (Decreto-Lei 186/2006)

Valores Limites de Exposição	$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ $L_{Cpico} = 140 \text{ dB(C)}$ equivalente a 200 Pa
Valores de Ação Superiores	$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ $L_{Cpico} = 137 \text{ dB(C)}$ equivalente a 140 Pa
Valores de Ação Inferiores	$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ $L_{Cpico} = 135 \text{ dB(C)}$ equivalente a 112 Pa

O Decreto-Lei 186/2006 refere ainda que para a aplicação dos valores limite de exposição, na determinação da exposição efetiva do trabalhador ao ruído é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos.

Para a aplicação dos valores de ação, na determinação da exposição do trabalhador ao ruído não são tidos em conta os efeitos decorrentes da utilização de protetores auditivos.

Capítulo 2. O Ouvido

2.1 Anatomia e Fisiologia do Ouvido

2.2.1 Ouvido Externo

O ouvido externo é formado pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo e a sua principal função é a de “recolher” e encaminhar as ondas sonoras até ao ouvido médio (Hungria, 2000).

O pavilhão auricular devido ao seu formato especial consegue orientar o som segundo a origem da fonte (Hungria, 2000).

No canal auditivo externo (CAE) entra o som proveniente do exterior, que é conduzido até à membrana timpânica, devido à sua ressonância natural que provoca uma amplificação de cerca dos 8 dB na frequência dos 3500 Hz (Penha, 1998).

Graças ao seu formato em “S” existe uma reflexão das ondas sonoras nas suas paredes, que contribui na proteção do aparelho auditivo em presença de sons de alta intensidade. Mas a função primordial do CAE é proteger a membrana timpânica que se encontra na sua profundidade e manter um equilíbrio de temperatura e humidade essenciais à preservação da elasticidade da membrana timpânica (Hungria, 2000).

2.2.2 Ouvido Médio

O ouvido médio tem como principal função a transmissão da onda sonora, e desempenha ainda o papel de um transdutor de energia, transformando assim as vibrações sonoras aéreas com grande amplitude e pouca força em vibrações sonoras líquidas com uma amplitude pequena e de grande força (Hungria, 2000).

A tensão da membrana timpânica (figura 3), assegurada pela sua camada de fibras proporciona boas condições vibratórias (Hungria, 2000), esta vibra como um todo sensivelmente até aos 3000 Hz. A partir desta frequência o padrão de vibração da membrana é partido em segmentos que vibram de forma diferente (Reis, 2002).

A membrana do tímpano funciona por pressão, porque recebe as vibrações acústicas de um lado, transmitindo-as por sua vez à cadeia ossicular (figura 3). Para além desta função, desempenha ainda a função que consiste num “anteparo protetor” da janela redonda, de modo a que as ondas sonoras atinjam esta janela com uma pressão acústica reduzida ao mínimo e numa oposição de fase em relação às ondas sonoras que chegam à janela oval (Hungria, 2000).

É a cadeia ossicular que permite que exista ligação entre a membrana do tímpano e a base do estribo, que se encontra articulada no contorno da janela oval. A relação existente entre o tímpano e a cadeia ossicular desempenha um papel de um equalizador de impedâncias (Hungria, 2000).

Existe uma barreira entre o ouvido médio e o ouvido interno, porque se dá a passagem de um meio gasoso para um meio líquido. As vibrações sonoras originadas no meio atmosférico são refletidas ao encontrarem o meio líquido, perdendo uma grande parte da sua energia. Por este facto, existe um mecanismo transdutor que tem a função de igualar esta diferença de impedância. Este mecanismo é considerado uma das principais funções do ouvido médio, sendo constituído por dois fatores: o efeito de alavanca do bloco martelo-bigorna que vibra em conjunto, em torno de um eixo de rotação, que chega com uma relação aumentada à janela oval de 2,5 dB. O outro fator é a relação hidráulica entre a área de vibração útil da membrana timpânica e a platina do estribo, uma vez que as ondas sonoras incidem numa superfície ampla da membrana timpânica comparada com a área da platina do estribo, devido a este facto há um aumento de 26 dB (Hungria, 2000).

A cadeia ossicular representada na figura 3, estabelece um sistema de condução e de amplificação da energia sonora captada pela membrana timpânica (Penha, 1998).

A tuba auditiva (figura 3) tem como funções a ventilação do ouvido médio e o vazamento das secreções (Reis, 2002).

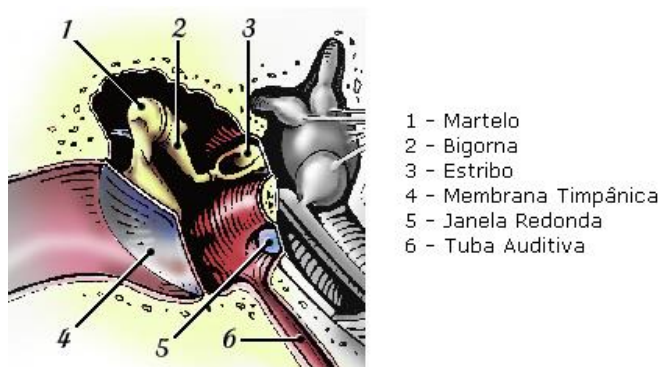


Figura 3: Ouvido Médio (CRIC, 2003)

2.2.3 Ouvido Interno

Dentro da porção petrosa do osso temporal encontra-se a cóclea (que é o órgão periférico da audição) e o vestíbulo (que é o órgão periférico do equilíbrio) (Ruah & Ruah, 1999).

2.2.3.1 Cóclea

A cóclea tem duas voltas e meia, começando no vestíbulo e enrolando-se sobre si mesma diminuindo de diâmetro até ao ápex. No seu interior divide-se em dois canais, a rampa vestibular e a rampa timpânica. Esses canais têm líquidos que funcionam como um sistema hidrodinâmico, estando conectados com a janela oval e com a janela redonda. Estas ligações atuam em fases, num movimento de afundamento da platina do estribo no interior da cóclea, que produz uma deslocação da perilinfa dando origem a um movimento de exteriorização da membrana da janela redonda, e sucedendo o mesmo em sentido contrário. Estes movimentos dão origem a ondas que são transmitidas ao líquido endolinfático do canal coclear, resultando em modificações bioelétricas no órgão de Corti, que por sua vez vão originar impulsos elétricos nas fibras nervosas (Hungria, 2000) (Penha, 1998).

O órgão de Corti (figura 4) é uma estrutura complexa situada sobre a membrana basilar que é composta por células ciliadas. Por cima destas está a membrana tectória que é uma estrutura que envolve os cílios das células ciliadas externas (CCE) transmitindo-lhes os estímulos induzidos pelos movimentos hidrodinâmicos da endolinfa (Ruah & Ruah, 1999).

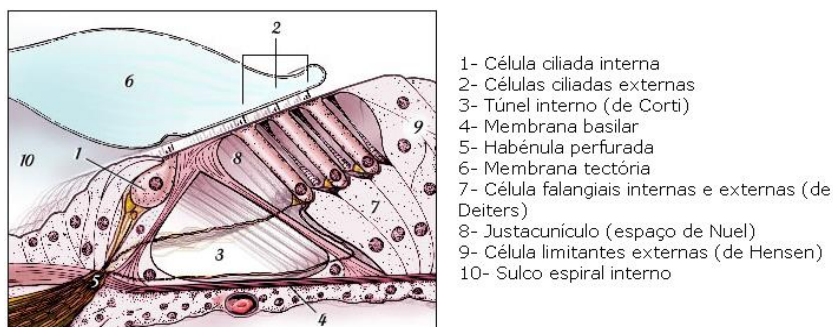


Figura 4: Órgão de Corti (CRIC, 2003)

A teoria da onda viajante propõe que a totalidade da membrana basilar expande as alterações de pressão, que são induzidas pelos movimentos ossicular e que, a onda ao viajar pela cóclea, torna-se a base da sensibilidade aos sons e da seletividade das frequências do órgão (Ruah & Ruah, 1999).

Ao longo dos anos foram definidas várias teorias para explicarem a seletividade das frequências do órgão de Corti, mas a ideia atual defende que todas as estruturas cocleares possuem propriedades de discriminação fina das frequências, conseguindo a designada tonotopia das frequências existente na cóclea. Outros estudos efetuados por Flock (1986), Zenner (1985) e Kavhar (1986) chegaram à conclusão que as CCE tinham outra função que até à data não lhes era atribuída, a função contrátil (Ruah & Ruah, 1999).

A função contrátil das CCE (figura 5) pode ser de dois tipos, rápida na ordem dos microssegundos ou pode ser uma contração lenta da ordem dos milissegundos. No primeiro, normalmente essa contração é induzida por um fenómeno de electro osmose responsável pelos mecanismos ativos que estão na base das otoemissões acústicas, enquanto que no segundo tipo é induzida pela presença de potássio ou pelo aumento da permeabilidade celular ao cálcio em presença de trifosfato de adenosina (ATP), e tem a função de moderação sob o controle eferente. As CCE são responsáveis pela amplificação localizada da vibração, fornecendo-as aos transdutores sensoriais, as células ciliadas internas (CCI) através da membrana tectória conseguem ter propriedades ótimas de sensibilidade e de discriminação das frequências, este tipo de células encontra-se representada na figura 5 (Penha, 1998).

Segundo Ruah e Ruah, (1999) as vibrações mecânicas que são induzidas pelo som na membrana basilar provocam uma estimulação nas CCI e CCE. Os canais de passagem de iões na região apical da membrana das CCI, tem um papel importante, porque modulam a resistência da membrana induzida pela passagem de iões principalmente de potássio (K^+). Esta modulação altera a corrente contínua que atravessa a CCI induzindo mudanças no potencial da membrana, ocasionando o aparecimento de um potencial celular de despolarização.

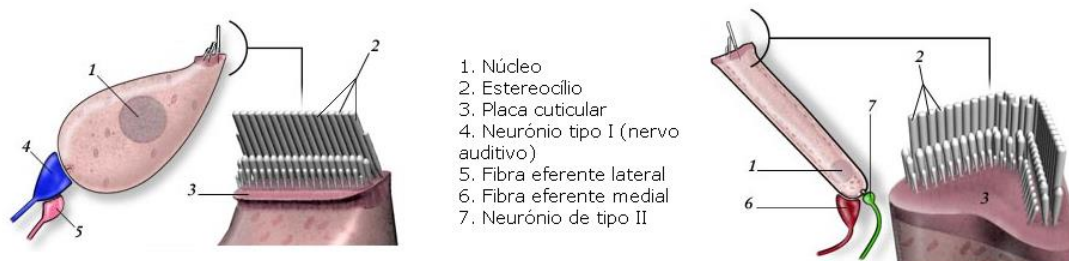


Figura 5: Célula Ciliada interna e Célula Ciliada Externa (CRIC, 2003)

Por sua vez a despolarização das CCI pode aumentar com a condutância dos canais de cálcio (Ca^{2+}) na região basal da membrana celular permitindo a entrada de Ca^{2+} para dentro das células, porque o meio extra celular é rico em Ca^{2+} . A entrada de Ca^{2+} no decorrer da despolarização, faz com que as vesículas intracelulares que contêm os neurotransmissores se fundão com as membranas préssinápticas das células ciliadas, originando a libertação dos mesmos para o espaço extracelular préssináptico, que dará origem à despolarização das fibras nervosas devido à alteração da condutância das mesmas, este mecanismo encontra-se ilustrado na figura 6. Os potenciais gerados a nível coclear vão propagar-se às estruturas auditivas centrais através da despolarização dos vários neurónios (CRIC, 2003) (Penha, 1998).

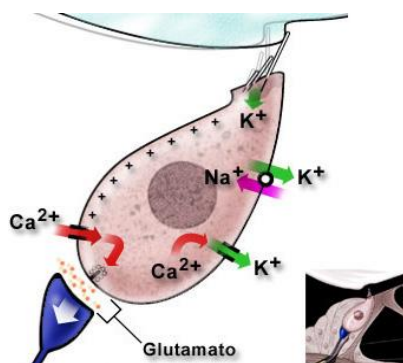


Figura 6: Representação da Saída de K^+ e Entrada de Ca^{2+} (CRIC, 2003)

A despolarização neural é iniciada nas fibras do nervo acústico. Seguindo a lei do “tudo ou nada”, passa a existir para cada fibra sensibilidades diferentes à despolarização em função da frequência coclear de onde têm origem. Ao longo do trajeto das vias auditivas é mantida a tonotopia frequencial, aumentando o número de

fibras à medida que se vai da cóclea para o córtex, devido à junção das fibras provenientes de outras áreas (Penha, 1998).

2.2.3.2 Vestíbulo

O vestíbulo é uma câmara central situada no labirinto ósseo (apresentado na figura 7), juntamente com os canais semicirculares constitui o sistema vestibular.

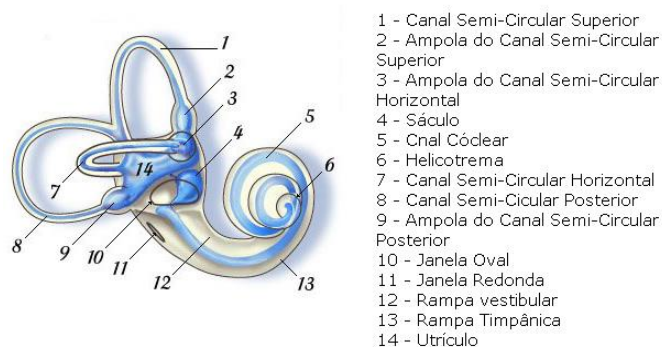


Figura 7: Labirinto Ósseo (CRIC, 2003)

O labirinto membranoso está suspenso dentro do labirinto ósseo por fluído e pelo tecido conjuntivo de suporte e contém cinco órgãos sensoriais, nomeadamente as porções membranosas dos três canais semicirculares e os dois órgãos otolíticos, o utrículo e o sáculo. Numa das extremidades dos três canais semicirculares existe um diâmetro mais largo, formando a ampola. O labirinto membranoso é preenchido com um fluído endolinfático, que se assemelha ao fluído intracelular (Herdman, 2002).

As células ciliadas especializadas, contidas em cada ampola e nos órgãos otolíticos, são sensores biológicos que convertem o deslocamento provocado pelo movimento cefálico numa descarga neural. Já as células ciliadas das ampolas localizam-se acima de um tufo de vasos sanguíneos, fibras nervosas e tecidos de suporte chamado de crista ampular. Cada célula ciliada é inervada por um neurónio aferente localizado no gânglio de Scarpa, que está próximo das ampolas. Quando as fibras são flexionadas na direção da célula ciliada mais longa (ou no sentido oposto), o índice de descarga aumenta ou diminui no nervo vestibular. A cúpula que é uma membrana gelatinosa, reveste cada um dos cristais. É esta que faz causar diferenciais na pressão endolinfática observados nas circunjacências. Tais variações são

associadas aos movimentos cefálicos que por conseguinte transmitem essa informação às células ciliadas (Herdman, 2002).

As membranas otolíticas são estruturas similares às cúpulas, embora a sua massa seja substancialmente maior pelo facto de conterem cristais de cálcio designados por otocónias. A massa da membrana otolítica faz com que as máculas sejam sensíveis à gravidade (Herdman, 2002).

2.4 Enervação coclear

As conexões cocleares nervosas do ouvido interno fazem-se principalmente através das fibras aferentes e fibras eferentes. As fibras aferentes transportam o estímulo sonoro para os núcleos cocleares já transformado, enquanto as fibras eferentes vêm da oliva protuberancial onde dão origem a dois tipos de feixes, um heterolateral e outro homolateral (Ruah & Ruah, 1999).

As CCI e as CCE têm enervações diferentes, sendo que as CCI têm uma enervação aferente, enquanto as CCE têm uma enervação eferente. No gânglio espiral provêm das CCI 95% dos neurónios aferentes, que são do tipo I, nas CCE provêm apenas 5% dos neurónios do tipo II (Penha, 1998).

As sensações tanto a nível auditivo como ao nível do equilíbrio recolhidas no ouvido interno são transmitidas aos centros nervosos pelo nervo auditivo (VIII par craniano), que é dividido no nervo coclear e no nervo vestibular (Ruah & Ruah, 1999).

O nervo coclear expande-se desde o gânglio espiral donde provêm as fibras que atravessam a membrana basilar, distribuindo-se pelas células sensoriais do órgão de Corti. Umas atingem as CCI, enquanto outras percorrem ao longo do túnel de Corti para as CCE (Ruah & Ruah, 1999).

O nervo vestibular é resultado da junção de um ramo superior (utrículo, uma parte da mácula sacular, cristas ampolares dos canais semicirculares superior e horizontal) e de ramo inferior (da crista ampolar do canal semicircular posterior e da grande maioria da macula sacular) assim formando um tronco comum que vai atingir o gânglio de Scarpa, dirigindo-se aos núcleos vestibulares do tronco cerebral, no pavimento do quarto ventrículo (Ruah & Ruah, 1999).

Capítulo 3. Perda Auditiva Induzida pelo Ruído

Em ambiente industrial tem sido possível verificar que o ruído representa um dos maiores fatores de preocupação a nível das condições de trabalho, não só a nível auditivo, mas também a nível físico, psíquico e até mesmo social.

A exposição ao ruído tem efeitos nas pessoas que trabalham na indústria tais como aborrecimentos, diminuição da eficiência no trabalho, alterações fisiológicas e psicológicas. O ruído, a nível de efeitos auditivos, é uma barreira na comunicação devido ao mascaramento que causa, provocando também perdas auditivas (Katz, 1999) (Flint *et al.*, 2010) (Marques & Costa, 2006).

A exposição a ruídos elevados pode causar uma perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) que pode ser temporária ou permanente. Este facto depende de vários fatores como as características acústicas do som, a intensidade, a duração e conteúdo de frequência (espectro de amplitude), a duração de exposição e a suscetibilidade do indivíduo (Bess & Hulmer, 1998).

A intensidade do ruído é um fator importante, porque a diminuição auditiva é proporcional à intensidade do ruído, assim como a rapidez de aparecimento da perda auditiva (Reis, 2003).

A partir de um determinado nível de ruído, o efeito que o mesmo pode provocar depende do produto entre o nível sonoro e o tempo de exposição. Por este facto foi necessário encontrar uma relação entre o nível sonoro e a sua duração. Essa relação é explicada pelo nível sonoro contínuo equivalente, representando assim um nível sonoro constante, que se estivesse presente durante todo o tempo de exposição produziria os mesmos efeitos que um nível variável (Miguel, 2007).

A decisão sobre a tolerância de uma exposição a ruídos contínuos de curta duração depende fundamentalmente da forma como é estimada a integração da quantidade de ruído recebido pelo ouvido num determinado intervalo de tempo. Existindo assim dois critérios que explicam a integração, sendo eles o critério de igual pressão e o critério de energia equivalente (Miguel, 2007).

Para a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) o limite máximo de exposição ao ruído é 90 dBA em 8 horas. Se aumentarmos a intensidade para 95 dBA o tempo de exposição já passa a ser 4 horas. Segundo a OSHA por cada aumento de 5 dB (acima dos 90 dBA) o tempo de exposição ao ruído deve diminuir obrigatoriamente para metade (tabela 2) (Gefand, 2001). Este fenómeno é explicado pelo critério de igual pressão, admitindo que a integração se realiza na dependência da pressão sonora (Miguel, 2007).

Para o *Committee on Hearing and Bioacustics and Biomechanics* (CHABA) o mais apropriado é diminuir o tempo de exposição para metade quando a intensidade aumenta 3 dB. Esta regra é baseada no critério de energia equivalente, em que as energias, incluindo a energia do ruído, são equivalentes. Por este facto, cientificamente, esta regra é mais suportada que a regra dos 5 dB (Gefand, 2001). Esta regra está representada na tabela 3.

Tabela 2: Sons Diferentes com Energia Equivalente Segundo a OSHA (Gefand, 2001)

Intensidade	Duração
90	8h
95	4h
100	2h
105	1h
110	30 min
115	15 min

Tabela 3: Sons Diferentes com Energia Equivalente Segundo a CHABA (Gefand, 2001; Pina, 2000)

Intensidade	Duração
85	8h
88	4h
91	2h
94	1h
97	30 min
100	15 min

Segundo Pina (2000) os ruídos que têm uma frequência mais aguda são mais nocivos que os ruídos com frequências mais graves.

Reis (2003) defende que a perda auditiva é tanto maior, quanto maior for o tempo de exposição ao ruído. A perda auditiva aumenta mais depressa durante os primeiros anos de exposição (tabela 4), tendo menores agravamentos e chegando mesmo a estabilizar ao longo do tempo.

Tabela 4: Risco de Surdez devido ao Ruído, por Anos de Exposição (Pina, 2000)

Anos de Exposição ao Ruído										
Nível dB (A)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
< 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47

A suscetibilidade individual ao ruído, para Flint *et al.*, (2010) e Reis (2003), é o mais importante e o mais variável pelo facto de depender de vários fatores, tais como a idade, sexo, patologias auditivas subjacentes, medicação ototóxica, bem como imperfeições na base genética e características físicas da cóclea.

O ruído pode ter vários efeitos sobre a audição, dividindo-se em três categorias, mudança temporária do limiar, mudança permanente do limiar e trauma sonoro (Katz, 1999).

A mudança temporária do limiar (TTS) ocorre depois de uma breve exposição ao ruído, este facto pode fazer com que o limiar auditivo aumente em poucos dB. Depois dessa exposição o ouvido pode ficar temporariamente com uma perda de audição e, para além deste sintoma, podem surgir outros sintomas como o zumbido, recrutamento, e sensação de sons abafados. Depois da exposição ao ruído a sensibilidade auditiva volta aos seus níveis normais (os limiares auditivos que a pessoa tinha antes de estar exposta ao ruído). Esta recuperação pode ocorrer em alguns minutos ou ir até algumas semanas (Katz, 1999; Flint *et al.*, 2010). As lesões provocadas no órgão de Corti depois da exposição ao ruído ainda são reversíveis (Hungria, 2000).

Os ruídos com energia concentrados na faixa de frequência de 2000Hz a 6000Hz produzem mais TTS do que ruído com outras faixas de frequência. Para haver TTS é necessário que o ruído exceda os 75 dBA. Este aumenta tanto com o aumento da intensidade como com o aumento da duração do ruído (Katz, 1999).

A mudança permanente do limiar (PTS) é a alteração auditiva que o ruído provoca no indivíduo e que não melhora, ficando para toda a vida deste (Katz, 1999).

A perda auditiva induzida pelo ruído passa a permanente, porque começa a existir um défice na circulação capilar da cóclea e a uma degeneração irreversível das células ciliadas, sendo afectadas primeiro as CCE e depois as CCI. Nas situações em que a estimulação acústica é muito intensa, os elementos das células de suporte também podem ser afetados. Dependendo dos atributos físicos do ruído, este pode causar danos nas células ciliadas que vão desde a destruição total até efeitos evidentes apenas na ultraestrutura em regiões subcelulares especializadas (como por exemplo, a fusão ou flexão dos cílios individuais que constituem o estereocílio) (Flint *et al.*, 2010).

O ruído pode também atingir as células nervosas bipolares do gânglio espiral. Se a exposição ao ruído perdurar durante anos, pode ocorrer colapso e até mesmo ruptura da membrana de Reissner. A exposição ao ruído prolongada pode também provocar a destruição total do órgão de Corti (Hungria, 2000).

Todas estas consequências resultam da força que o som tem, originando uma subcarga metabólica nos estereocílios das células ciliadas, que pode conduzir à sua destruição ou até à sua morte (Rabinowitz, 2000).

O trauma sonoro deve-se a um nível de exposição sonora elevadíssimo, como por exemplo uma explosão. Estes níveis sonoros podem atingir estruturas do ouvido interno ultrapassando os limites mecânicos dessas estruturas, produzindo por vezes a destruição do órgão de Corti. Algumas pessoas que passam por esta experiência podem também sofrer ruptura da membrana timpânica e também danos na cadeia ossicular (Katz, 1999; Flint *et al.*, 2010).

Geralmente a PAIR é do tipo sensorineural, bilateral e simétrica (Flint *et al.*, 2010).

Segundo Hungria (2000), podemos distinguir quatro estágios da perda auditiva induzida pelo ruído (representados na figura 8). Num primeiro estágio a perda auditiva não passa dos 30 dB e começa com maior frequência aos 4000 Hz, esta fase é frequentemente despercebida. No segundo estágio a perda auditiva já passa dos 30 dB atingindo para além dos 4000 Hz, os 2000 Hz, o indivíduo já começa a notar

alguma deficiência. Num terceiro estágio a perda auditiva aumenta e passa os 30 dB, e para além das frequências atingidas nos estágios anteriores também estão afetadas os 1000 Hz, os 6000 Hz e os 8000 Hz. Por fim no quarto estágio todas as frequências estão afetadas, até mesmo os 500 Hz e a hipoacusia é profunda.

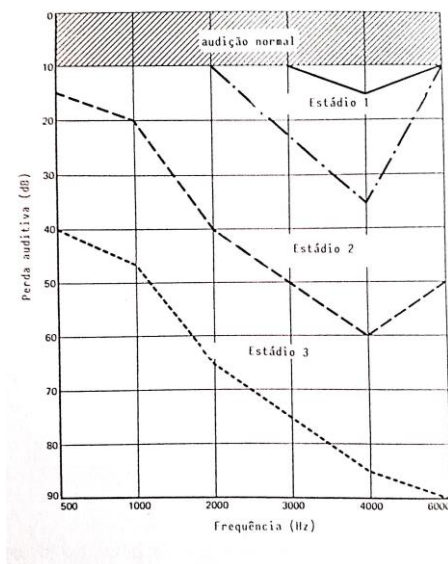


Figura 8: Representação dos estádios da surdez profissional, segundo Bell (Miguel, 2007)

Flint *et al.*, (2010) refere que existem duas fases, na primeira: as frequências mais lesadas encontram-se principalmente entre os 3000 e os 6000 Hz e quando se realiza um audiograma verifica-se um entalhe aos 4000 Hz; na segunda fase, à medida que o tempo de exposição ao ruído aumenta a perda de audição torna-se maior e começa a afetar as frequências mais altas, dos 3000 Hz aos 8000 Hz, podendo incluir frequências também inferiores ou iguais aos 2000 Hz, ou então ir mesmo até as restantes frequências mais agudas como as frequências mais graves (Hungria, 2000). A imagem seguinte representa o gráfico de um audiograma já com um aumento do limiar nas frequências de 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz e os 8000 Hz.

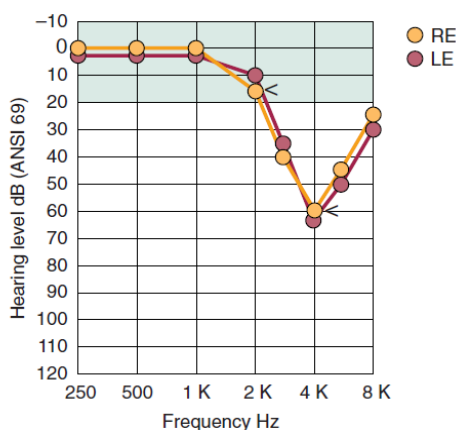


Figura 9: Representação gráfica do Audiograma de uma PAIR (Flint *et al.*, 2010)

Alguns estudos levaram a uma melhor compreensão das principais características da PAIR. O entalhe aos 4000 Hz refletido no audiograma pode ser explicado pela função da ressonância natural do canal auditivo externo, bem como a redução do fornecimento vascular para esta região no órgão de Corti (Flint *et al.*, 2010).

Hoje em dia ainda não se sabe qual o mecanismo pelo qual a célula sensorial degenera ou é danificada após a exposição ao ruído, mas existem duas teorias para explicar a perda de audição. A primeira que visa explicar a TTS, e defende a existência de uma alteração ultra estrutural, ao nível dos estereocílios sob a forma de encurtamento ou quebra das radículas, se essas lesões não forem reparadas pode levar à PTS. A outra teoria é baseada em descobertas mais recentes que mostraram, que os estereocílios são capazes de reconstruir a sua ultra estrutura de cima para baixo num período de 48 horas. Se o dano for mais profundo que supere este mecanismo de autorreparação como a exposição continua, pode dar origem a uma discreta, mas direta rutura mecânica que provavelmente resulta numa mistura tóxica de endolinfa e perilinfa na estrutura do ducto coclear, que leva a efeitos secundários, incluindo a perda de células ciliadas e as correspondentes fibras nervosas (Flint *et al.*, 2010).

Capítulo 4. Programas de Conservação da Audição

Através de várias investigações realizadas, comprovou-se que a redução da exposição ao ruído ocupacional, traz vantagens tanto para os trabalhadores como para as empresas (Arezes, 2002).

O programa de conservação da audição (PCA), segundo Arezes (2002), não pode ser encarado como uma ação pontual e de curto prazo, mas sim, como uma intervenção inserida na política geral da empresa, com efeitos visíveis a médio/longo prazo.

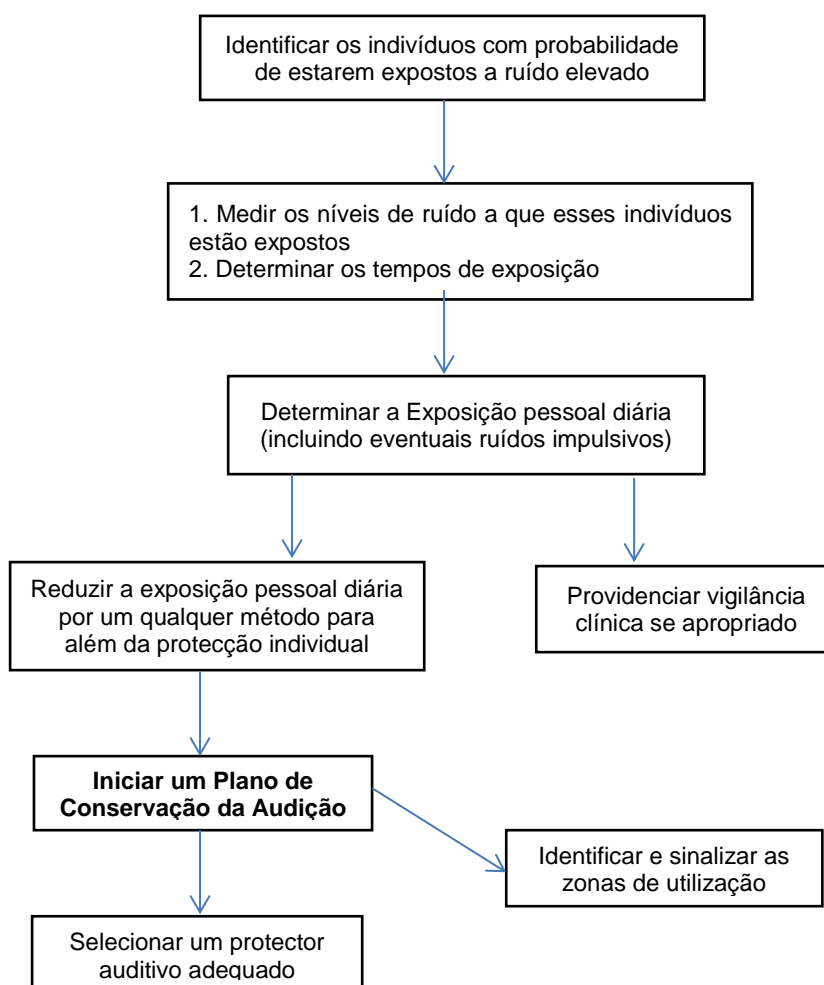
Para a sua implementação, existem alguns requisitos que se devem ter em consideração quando são elaborados, nomeadamente o reconhecimento e avaliação de riscos para a audição, controlo audiométrico, medidas de proteção coletivas, medidas de proteção individuais, formação, informação e avaliação do PCA (Gonçalves & Iguti, 2006).

O PCA deve ser de responsabilidade e desenvolvido por uma equipa multidisciplinar, constituída pelos vários profissionais da empresa. As equipas envolvidas devem ter em consideração o tipo de empresa, bem como o número de trabalhadores, outros riscos existentes, a organização da empresa, entre outros aspetos que possam existir (Arezes, 2002).

Segundo o Decreto-Lei 186/2006, a eliminação ou a redução do ruído excessivo no ambiente de trabalho é uma obrigação legal muito importante para os empregadores e trabalhadores, pois quanto mais seguro e saudável for o ambiente de trabalho menores serão as probabilidades de acidentes de trabalho, de absentismo elevado e de diminuição de rendimento do trabalho. Por conseguinte, deverão ser tomadas medidas para reduzir ao mínimo os níveis de ruído, de forma a proteger os trabalhadores expostos e monitorizar a efetividade deste processo de intervenção.

Os PCA são recomendáveis em situações que envolvam trabalhadores cuja exposição diária, sem protetores auditivos iguale ou exceda o nível de ação superior (85 dB(A)). A implementação de um PCA poderá ser encarada após a avaliação do ruído ocupacional, como se pode verificar no esquema seguinte (Arezes, 2002).

Tabela 5: Ações a desenvolver para a redução do risco de perdas auditivas por exposição ao ruído (Arezes, 2002)



Um PCA pode desenvolver-se de diversas formas e inclusivamente existem várias diretrizes do mesmo, mas todos têm o mesmo objetivo principal que é o de combater e prevenir a surdez profissional (Arezes, 2002; Bramatti, Morata, & Marques, 2008).

Como foi referido anteriormente nos objetivos, num PCA deve dar-se ênfase a diferentes aspetos, como a proteção auditiva, a proteção coletiva, as medidas organizacionais, a formação dos trabalhadores, a organização do trabalho, a vigilância médica, entre outros.

Arezes (2002) refere que várias entidades recomendam que a estrutura de um PCA contenha, pelo menos, os seguintes tópicos:

1. Auditorias iniciais e anuais aos procedimentos utilizados;

2. Avaliação do ruído ocupacional;
3. Medidas de controlo técnico e administrativo das exposições ao ruído;
4. Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores;
5. Utilização de proteção individual auditiva para exposições superiores ou iguais a 85 dB(A), independentemente da duração da exposição;
6. Formação e motivação dos trabalhadores;
7. Arquivo dos registos;
8. Avaliação dos programas.

Existem dois aspetos de grande importância que se devem considerar quando se pensa na estruturação e implementação de um PCA: o primeiro consiste em assumir que a surdez profissional é completamente possível de evitar e que pode ser prevenida na sua totalidade. O segundo aspeto passa por considerar que um PCA só pode ser eficiente se houver um compromisso na prevenção da surdez profissional, tanto por parte da gestão das empresas como por parte dos próprios trabalhadores (Arezes, 2002).

A comunicação aos trabalhadores deve ser bem desenvolvida pois os trabalhadores necessitam ser bem informados das razões e dos requisitos do PCA como um todo. O sucesso depende, em grande parte, da educação do trabalhador relativamente a todos os aspetos do programa. A motivação dos trabalhadores em relação à conservação auditiva é uma ferramenta importantíssima para a utilização adequada dos protetores auditivos e por conseguinte da sua eficácia (Arezes, 2002; Bramatti *et al.*, 2008).

O ATS por si só não previne as perdas de audição ocupacionais mas é importante para a investigação dos limiares auditivos dos trabalhadores de modo a verificar se a função auditiva deste já se encontra ou não alterada. Um dos aspetos fulcrais a considerar em termos da realização do ATS é a periodicidade com que este é efetuado (Arezes, 2002).

Existe um conjunto de regras base que deverá ser seguido no decorrer da realização do ATS e que consta dos próprios procedimentos normalizados para o efeito, tais como a ISO 6189 de 1983 e a ISO 8253-1 de 1989. Devem comparar-se os audiogramas de acompanhamento com os audiogramas de base e definir o que se considera como uma alteração significativa da função auditiva (Arezes, 2002).

A vigilância médica e a avaliação auditiva dos trabalhadores expostos ao ruído são consideradas como sendo pontos fundamentais para a avaliação do PCA, uma

vez que é essencialmente através destas que se torna possível proceder à conservação da audição. A perda de audição ocupacional ocorre de forma gradual, como foi referido anteriormente, dificultando a perceção da evolução das mesmas. É através da realização do ATS, que a perda auditiva inicial é detetada e assim, por sua vez, é ela que depois de detetada faz acionar os mecanismos previstos no PCA, tais como, as medidas propostas de proteção, de motivação dos trabalhadores para tentar impedir o desenvolvimento e agravamento das perdas auditivas (Arezes, 2002).

Arezes (2010) defende que para a monitorização e a prevenção serem eficientes, a realização do ATS deverá ser realizada em quatro ocasiões diferentes. Na 1ª fase deve realizar-se o ATS antes de o trabalhador começar a trabalhar ou antes de começar a trabalhar em zona mais ruidosa. Este audiograma é designado, normalmente, por audiometria de base e deve ser realizado nos primeiros 30 dias de trabalho, sendo precedido por um período de não exposição de, pelo menos, 12 horas.

O Decreto-Lei 186/2006 refere que o ATS deve ser realizado todos os anos, se o trabalhador estiver exposto aos valores de ação superiores e de dois em dois anos se o trabalhador estiver exposto aos valores de ação inferiores. Estes audiogramas são designados de audiogramas de vigilância, ou de acompanhamento. Ao contrário dos audiogramas iniciais ou de base, este ATS deve realizar-se no fim ou durante o turno de trabalho, para que a mudança na audição devido à falta de proteção auditiva seja notada. O resultado deste ATS deverá ser comparado com o resultado do ATS de base para que se possa verificar a existência ou não de aumento dos limiares auditivos. Pode encontrar-se neste audiograma a existência de TTS significativo, mas a sua existência aparece no sentido de prevenir futuras perdas auditivas (Arezes, 2002).

Arezes (2002) refere que o *National Institute of Occupational Safety & Health* (NIOSH) sugere como boa prática a realização de um segundo teste, quando se verificam diferenças iguais ou superiores a 15 dB nos limiares auditivos, nas frequências de 500, 1000, 2000, 4000 e 6000 Hz em ambos os ouvidos. O audiograma de confirmação deve ser efetuado no período de 30 dias após a deteção de um audiograma de base ou de vigilância que tenha indicado alterações nos limiares auditivos significativos. O trabalhador deve estar pelo menos 12 horas sem estar exposto ao ruído para que se verifique, se a alteração do limiar auditivo tem ou não um carácter temporário (TTS) (Arezes, 2002).

Devem ser realizados ATS quando os trabalhadores deixam de laborar em locais ruidosos ou são mudados permanentemente para um local onde não estão expostos

ao ruído. Este ATS também se deve realizar depois de o trabalhador deixar de estar exposto ao ruído pelo menos 12 horas (Arezes, 2002).

Um PCA deve iniciar-se sempre que se verifiquem diferenças iguais ou superiores a 15 dB, em qualquer frequência de teste no intervalo de 500 a 6000 Hz, entre o ATS inicial e o de acompanhamento, e deve consistir basicamente em (Arezes, 2002).

- Assegurar que não existem outras alterações que possam originar esta situação, tais como, trabalhador constipado, com cefaleias e exposições a ruído recentes. Se se verificar essa situação deverá ser feito novo teste na ausência das mesmas.

- Se não existir nenhuma das condições referidas, remover e recolocar os auscultadores e repetir a audiometria. Em cada frequência testada deverá ser feita a média com o valor obtido no audiograma anterior e comparada com o audiograma de base ou inicial. Se a diferença entre os valores da média obtida e o valor do audiograma de base não diferirem em mais de 15 dB, não é necessário providenciar qualquer ação.

- Caso essa diferença seja superior a 15 dB, então:

- Informar a pessoa dos resultados do teste;
- Examinar cuidadosamente o histórico de exposição da pessoa, desde o último audiograma;
- Verificar se o equipamento de proteção individual utilizado se adequa e o seu estado (que deverá ser levado sempre para a realização do ATS), a forma de colocação e o perfil de atenuação do protetor;
- Tomar qualquer ação corretiva que se configure necessária, de acordo com as verificações efetuadas anteriormente.

- Se qualquer critério médico (do foro da otorrinolaringologia) for excedido ou a diferença para o último audiograma exceder 20 dB, sugere-se um acompanhamento adequado;

- Realizar a audiometria passados 6 meses.

A importância da proteção individual auditiva é evidente se considerarmos que esta, como referido anteriormente, é a medida de combate da exposição ao ruído mais frequente. Mas segundo o Decreto-Lei 186/2006 a proteção individual só deve ser disponibilizada pelo empregador nas situações em que o risco resultante da exposição ao ruído não possa ser evitado por outros meios.

Capítulo 5. O Audiograma Tonal Simples e As Otoemissões Acústicas

5.1 Audiograma Tonal Simples

A realização do audiograma tonal simples (ATS) visa pesquisar os limiares de audibilidade mínima do indivíduo, quer seja por via aérea ou por via óssea. Para isso, é necessário determinar os níveis de intensidade sonora mínima detetáveis nas frequências normalmente analisadas (Reis, 2002).

O limiar é definido como sendo o menor nível sonoro necessário para o indivíduo detetar a presença de um sinal em cerca de 50% das vezes a que estímulo sonoro é apresentado (Bess & Hulmer, 1998).

A via aérea pretende avaliar de uma forma global o sistema de condução (canal auditivo externo, cadeia ossicular) e o órgão de receção (cóclea). A via óssea avalia principalmente a cóclea, sendo uma estimulação direta da cóclea, esta estimulação origina também, ainda que em parte mínima, movimentos de inércia da cadeia ossicular em relação ao labirinto ósseo e gera sons de ressonância no CAE e na caixa timpânica (Reis, 2002).

Na via aérea os estímulos de som puro são transmitidos através dos auscultadores. O sinal emitido pelo audiómetro atravessa o CAE, passa no ouvido médio através da cadeia ossicular, como já foi referido anteriormente, chegando até à cóclea e é posteriormente transmitido ao sistema nervoso auditivo central. Os limiares obtidos através da via aérea refletem a integridade do mecanismo de condução do som. Quando um indivíduo apresenta um limiar aumentado na via aérea, apesar de se saber que o problema está a nível da condução do som, não se consegue precisar o local da lesão. Com a combinação da via aérea e da via óssea torna-se possível diferenciar se a lesão é ao nível da condução do som (ouvido externo e ouvido médio) ou na cóclea. Na via óssea, os estímulos são transmitidos através de um vibrador ósseo, que é colocado na mastóide (proeminência situada atrás do pavilhão auricular). O som puro que sai através do vibrador ósseo faz com que o crânio vibre, estimulando diretamente a cóclea (Bess & Hulmer, 1998).

Para a realização do ATS são necessárias algumas condições para que o resultado seja o mais fiável possível, nomeadamente uma cabine audiométrica insonorizada, uma boa explicação ao indivíduo sobre a realização do exame e uma correta colocação dos auscultadores (Reis, 2002; Portmann & Portmann, 1993).

Arezes (2002) indica que a ISO 8253-1 de 1989 aponta que os níveis de ruído de fundo tolerados numa cabine devem ter níveis aceitáveis para a realização da audiometria de forma a permitir a determinação precisa dos limiares auditivos do indivíduo a testar.

As frequências estudadas no ATS por via aérea são os 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e os 8000 Hz, a pesquisa do limiar a 125 Hz é opcional. Por via óssea pesquisam-se as frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz. A imagem seguinte é a representação gráfica de um ATS, bem como os graus de surdez, que serão abordados mais à frente.

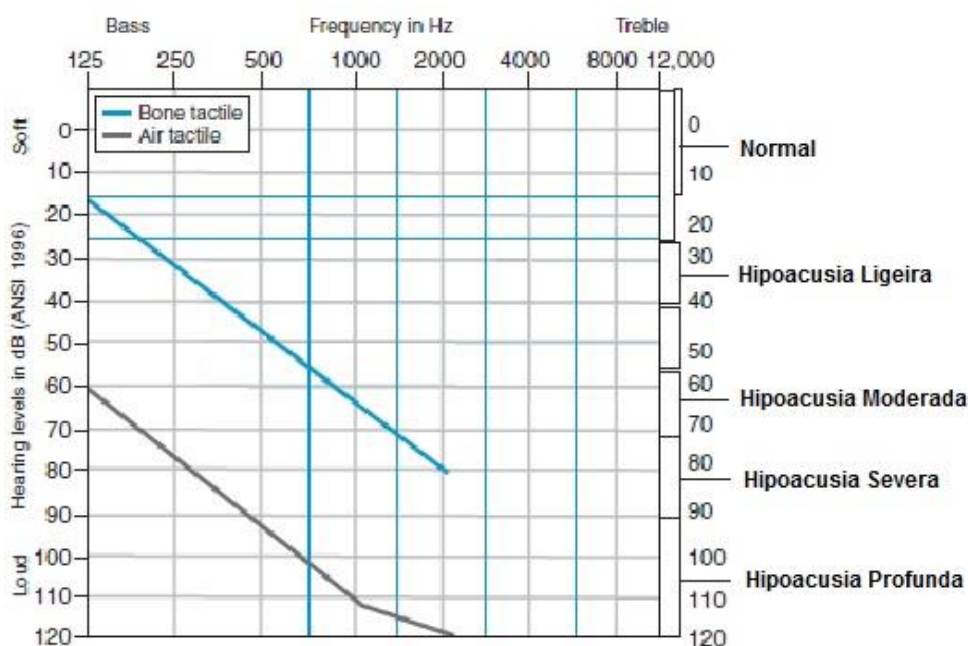


Figura 10: Representação gráfica do Audiograma (Duthie Jr, Katz, & Malone, 2007)

Reis (2002) refere que se na frequência dos 4000 Hz o limiar for mais elevado, devem-se estudar a frequências adjacentes (3000 Hz e os 6000 Hz).

O ATS é apresentado através de uma forma gráfica, em que as frequências do sinal (que se encontram em Hertz), estão representadas no eixo do x, enquanto o nível

de audição (medido em decibéis) se encontra representados no eixo do y (Bess & Hulmer, 1998).

O limiar auditivo em cada ouvido é representado por um símbolo específico, da mesma forma que o símbolo também difere, quer esteja a representar o limiar da via óssea ou o limiar da via aérea para as frequências testada.

Como referindo anteriormente o resultado do ATS é o limiar auditivo, isto é, o mínimo que um indivíduo consegue ouvir num ambiente silencioso. É através deste resultado, obtido em decibéis (dB), nas frequências descritas anteriormente que se consegue classificar a hipoacusia (ou surdez) em tipo e grau.

Relativamente ao tipo de hipoacusia pode classificar-se em três tipos: condução, sensorineural e mista. Na primeira verifica-se um aumento do limiar da via aérea mantendo-se normais os limiares da via óssea. Na perda de audição sensorineural, a via óssea acompanha a via aérea no aumento dos limiares. A mista combina as características dos dois tipos referidos anteriormente (Reis, 2002).

Relativamente ao grau de hipoacusia, segundo a classificação acordada pelo *Bureau International d'Audiophonologie*, 1999 (BIAP), podemos dividir a perda auditiva em quatro graus: Hipoacusia ligeira, perda entre 20 e 40 dB. Verificam-se problemas de audição de voz baixa ou num ambiente ruidoso, Hipoacusia moderada, a perda situa-se entre 41 e os 70 dB. Envolve dificuldades de audição com a voz normal. Hipoacusia severa, perda entre 71 e os 90 dB. É possível ouvir com ajuda de amplificação. Hipoacusia profunda perda de mais de 90 dB até aos 120 dB. Neste caso, não há compreensão oral, mesmo com amplificação. Não há desenvolvimento da linguagem sem atenção muito específica e compensada por mecanismos complementares da audição, o indivíduo baseia-se muito na informação visual (Tavares, 2012).

5.2 Otoemissões Acústicas

As otoemissões acústicas (OEA) foram descobertas em 1978 por Kemp, que verificou a existência de uma energia acústica produzida no ouvido interno de forma espontânea ou em resposta a um estímulo sonoro (Filho, 1997).

As OEA são sons produzidos na cóclea, mais precisamente nas CCE. Estes sons passam através da janela oval, provocando a vibração da cadeia ossicular e fazendo vibrar a membrana timpânica e, finalmente, podem ser captadas no canal

auditivo externo. As OEA são o resultado de vibrações geradas por um processo fisiológico ativo (Reis, 2003; Filho, 1997).

A captação das OEA pode ser efetuada através de meios não invasivos, com uma pequena sonda que é introduzida no CAE. Esta contém um altifalante (ou dois, se forem utilizados dois estímulos em simultâneo) que vai produzir a estimulação acústica. Também é constituído por um microfone para captar todos os sons no CAE, como se pode verificar na seguinte figura (Reis, 2003).

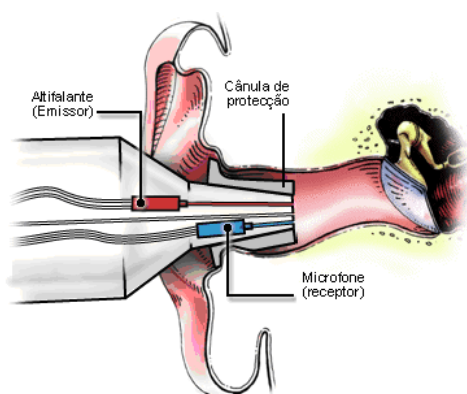


Figura 11: Esquema Representando uma sonda de OEA (CRIC, 2003)

Como referido anteriormente, pelo facto de as OEA serem captadas no CAE, isto é, à distância da cóclea de onde são originadas, podem ocorrer vários fatores que as influenciam para além da integridade das CCE. Esses fatores são nomeadamente a correta selagem do CAE, a membrana timpânica estar móvel, a cadeia ossicular encontrar-se também móvel e articulada, a platina do estribo estar intata e inserir-se com mobilidade na janela oval, a membrana basilar estar com mobilidade normal, o meio eletroquímico da rampa coclear encontrar-se dentro da normalidade e por fim haver um correto acoplamento entre a membrana basilar e as CCE no interior do órgão de Corti (Reis, 2003).

As OEA são um som captado no CAE, que tem origem fisiológica ativa (como referido anteriormente) e uma grande vulnerabilidade coclear (Robinette & Glatke, 1997).

O som é emitido pela sonda no CAE, passando pelo ouvido médio até chegar ao ouvido interno. Quando chega à cóclea, dá-se um movimento dos líquidos, que foi causado pela onda transmitida pela membrana basilar, fazendo com que haja

excitação das CCE. Consequentemente ocorre um movimento dos ligamentos que existem entre estas, e por sua vez, abrem-se os canais de potássio. Com este mecanismo são desencadeados potenciais elétricos que têm uma ação direta sobre a célula, produzindo movimentos de contração. Estes movimentos são designados de contração rápida, desencadeando uma amplificação da onda e, exatamente ao mesmo tempo, uma força mecânica no sentido no CAE (Filho, 1997). Esta força mecânica liberta energia em forma de som que volta ao ouvido médio e ao CAE onde é captado pela sonda (Tinto *et al.*, 1998).

As OEA têm uma maior sensibilidade para disfunções cocleares provadas clinicamente por relatórios anormais ou até mesmo ausentes de OEA, em pacientes com audiogramas normais (Hall, 2000).

As OEA podem ser de dois tipos: espontâneas ou evocadas, por sua vez, as OEA evocadas podem dividir-se em transitória e em produtos de distorção.

5.2.1 Otoemissões Acústicas Espontâneas

As Otoemissões Acústicas Espontâneas são detetadas na ausência de qualquer estímulo, pelo menos conhecido. Como nos outros tipos, as OEA espontâneas são produzidas pelas CCE e são detetadas nas frequências em que o limiar auditivo se encontra dentro do normal. Não se sabe ao certo a sua origem (Reis, 2003; Filho, 1997), mas depois de alguns estudos pensa-se que acontecem devido a imperfeições naturais da estrutura do órgão de Corti (Reis, 2003).

As OEA espontâneas são praticamente sons puros, onde a largura da banda não passa os 1Hz (Reis, 2003). Necessitam de ser captadas com um microfone muito sensível, pois são sons de intensidades muito pequenas (Filho, 1997).

5.2.2 Otoemissões Acústicas Transitórias

As Otoemissões Acústicas Transitórias (OEAT), como referido anteriormente, são uma subclasse das OEA evocadas. Estas podem ser captadas através de um click (que são os mais utilizados, porque estimulam praticamente toda a extensão da cóclea ao mesmo tempo) ou através do tone burst (Hungria, 2000; Reis, 2003).

A latência das OEA transitórias encontra-se entre os 5 e os 20ms, com tendência a um decréscimo quando a frequência dos componentes das OEA aumenta (Filho, 1997; Hungria, 2000). A existência desta dependência da latência em relação às frequências pode sugerir o local de origem das OEA transitórias, porque muda basalmente na cóclea com o aumento da frequência (Hungria, 2000).

Os parâmetros mais utilizados para interpretar as OEA transitórias são a sua reprodutibilidade e as amplitudes globais (Reis, 2003).

5.2.3 Otoemissões Acústicas por Produtos de Distorção

As Otoemissões por Produtos de Distorção (OEAPD) são definidas como a resposta produzida pela cóclea face a dois estímulos simultâneos, constituídos por dois sons puros com frequências diferentes. A resposta deste tipo de OEA, originada pela influência de dois estímulos diferentes, designa-se como uma resposta de intermodulação e de distorção, porque é constituída por um tom puro que não tem a mesma frequência dos dois estímulos desencadeantes (Reis, 2003).

Os estímulos que se utilizam na geração dos produtos distorção são designados por primárias, representadas por f_1 e f_2 , sendo o f_1 a primária com uma frequência menor e f_2 a primária com a frequência maior. $f_1 \times 1,2$ dá o valor correspondente à separação das frequências das primárias (Tinto *et al.*, 1998; Reis, 2003; Filho, 1997).

As OEAPD são basicamente estabelecidas pela medida da amplitude como uma função média geométrica das duas frequências primárias. Devido a este facto, este tipo de OEA é medido para os dois tons com intensidades constantes podendo ser 55, 65 ou 70 dB SPL, sendo as frequências aumentadas com intervalos regulares (Kós *et al.*, 2009; Hungria, 2000).

A forma de registo que mais se utiliza para as OEAPD é o “DP-audiograma”, que é a representação gráfica da amplitude em função da frequência, sendo a outra forma “input/output” que é a função da entrada/saída (Hungria, 2000; Reis, 2003).

Segundo Tinto *et al.*, (1998), as situações que implicam risco ou uma suspeita de lesão coclear devem ser estudadas, porque mais nenhuma técnica dá uma imagem detalhada das faixas das células ciliadas.

5.3 As Otoemissões Acústicas e a Exposição ao Ruído

As OEA são consideradas um método simples não evasivo, com um procedimento objetivo, que se baseia numa medição sistemática de respostas cocleares, geradas pelas CCE, como já foi referido anteriormente. Estas células são extremamente sensíveis aos efeitos iniciais provocados pela exposição a intensidades elevadas, o que torna as OEA num excelente indicador de alterações nas CCE (Flint *et al.*, 2010).

Na prevenção da perda de audição em pessoas expostas ao ruído, as OEA são consideradas um meio de vigilância importante na obtenção de informação clínica e complementar ao ATS, uma vez que existem autores que referem que os danos causados por exposição ao ruído são detetáveis nas OEA antes que sejam visíveis no audiograma (Coelho *et al.*, 2010; Hall, 2000; Flint *et al.*, 2010; Marques & Costa, 2006; Shupak *et al.*, 2007). A justificação existente para a utilização deste teste é o facto do ruído intenso causar lesões nas estruturas do órgão de corti, começando por degenerar as CCE em maior parte e, posteriormente, é que começa a atingir as células CCI (Coelho *et al.*, 2010; Shupak *et al.*, 2007) refere a existência de novas descobertas que indicam que até 30% da população de CCE pode ser danificada antes de se verificar qualquer evidência no ATS.

A sensibilidade, o local específico da lesão, a objetividade e a velocidade, são algumas vantagens que em conjunto ajudam numa melhor monitorização da perda auditiva induzida por exposição ao ruído (Hall, 2000).

As OEAPD são mais previsíveis na identificação das frequências na área da perda auditiva. Este facto, por sua vez, pode fazer com que estas se tornem superiores às OEAT na monitorização das alterações nas altas frequências normalmente associadas à exposição ao ruído (Reis, 2002).

Coelho *et al.*, (2010), depois de uma pesquisa de vários artigos relacionados com as OEA e de os ter comparado entre si, chegou à conclusão que tanto as OEAT como as OEAPD são úteis no diagnóstico da PAIR. Verificou igualmente que as OEAT revelam-se mais sensíveis ao TTS, enquanto que, as OEAPD são mais eficazes no deteção precoce da PAIR em indivíduos aparentemente normais, pois estas conseguem captar respostas nas frequências mais agudas.

As OEAPD, como foi referido no capítulo anterior, são obtidas por estimulação da cóclea através de dois sons puros contínuos e simultâneos, cujo produto de distorção gera um único som puro e estimula uma única frequência na cóclea. Estas

podem ser realizadas com intensidade de estímulos variáveis como por exemplo f1 e f2 igual a 70 dB. A esta intensidade as OEAPD estarão presentes em indivíduos com perda coclear mais ou menos até 50 dB. Outra intensidade possível é f1 igual a 55 dB e f2 igual a 65 dB. A estas intensidades as OEAPD só estão presentes em indivíduos com audição normal (Gama, 2001). Por este facto, esta deve ser a intensidade usada na monitorização de pessoas expostas ao ruído, visto que as OEAPD só estão presentes em pessoas com audição normal, enquanto que, quando f1 e f2 são 70 dB podem existir pessoas com perdas cocleares que podem passar despercebidas no caso de terem uma perda de audição inferior a 50dB.

Vários estudos têm surgido sobre um utensílio especialmente importante no controlo da PAIR. Estes estudos demonstram que, em grupos de pessoas expostas ao ruído, existe uma diminuição da amplitude das OEA, estas diminuições de amplitude foram detetadas, na ausência de alterações na frequência correspondente do ATS (Flint *et al.*, 2010; Robinette & Glatke, 1997).

Seixas *et al.*, (2005) refere que a amplitude das OEAPD diminui cerca de 0,5 dB, dependendo este valor, dos anos de exposição ao ruído, da frequência e da intensidade.

A capacidade das OEA evocadas para detetar patologias cocleares causadas por exposição ao ruído vem comprovar a sua potencial utilidade num PCA, pois é sensível na deteção de alterações nas CCE, que normalmente surge associado a queixas auditivas secundárias e a uma perda sensorineural. Essa capacidade também deve ser utilizada no acompanhamento do desenvolvimento das perdas de audição (Flint *et al.*, 2010).

Segundo Reis (2002), a perda auditiva é tanto maior quanto maior for o tempo de exposição ao ruído. Embora essa perda não aumente em proporção do tempo de exposição, porque tipicamente a perda auditiva aumenta rapidamente nos primeiros anos e depois tende a diminuir o seu agravamento, podendo mesmo estabilizar ao longo dos anos. Mas se a pessoa continuar exposta ao ruído, pode então haver uma extensão dos efeitos nocivos a outras frequências. Por este facto é importante que se façam as OEA e se possível OEAPD nos primeiros tempos da exposição ao ruído para ver se estas ainda se encontram normais ou alteradas. Por sua vez, a monitorização também deveria ser feita de tempos a tempos para haver um maior controlo.

6. Metodologia

6.1. Objetivo do Estudo

O ruído começa a ser cada vez mais evidente em ambientes industriais, embora hoje em dia também se tenha em consideração os efeitos que este tem sobre o trabalhador, e cada vez mais se atue na sua prevenção. Mas mesmo assim a perda de audição provocada pelo ruído continua a ser uma das suas principais consequências, e em que as queixas apenas surgem quando já existe uma perda de audição não reversível.

Vários estudos desenvolvidos têm demonstrado que as OEA (um exame relativamente recente) conseguem detectar alterações nas CCE (provocadas pelo ruído) antes do individuo ter queixas de perda de audição e até mesmo antes desta se reflectir no ATS.

O objectivo principal deste estudo é verificar se as OEA detetam alterações na cóclea antes de se refletirem alterações no ATS em trabalhadores expostos ao ruído, de modo a que as OEA possam vir a ser incluídas nos PCA como sendo uma ferramenta mais eficaz e eficiente para a prevenção e sensibilização ao trabalhador exposto ao ruído.

6.1.1 Objetivos Específicos

Este estudo tem como objetivos específicos os mencionados de seguida:

- Analisar os resultados das OEA numa pequena amostra de trabalhadores expostos ao ruído, verificando se as suas amplitudes estão diminuídas ou ausentes;
- Verificar quais as alterações no ATS;
- Comparar o resultado das OEA com o resultado do ATS;
- Verificar se as OEA são um método adequado para detetar alterações na cóclea em trabalhadores expostos ao ruído;

- Verificar se OEA podem vir a ser utilizadas como um método eficaz e eficiente de prevenção da perda de audição provocada pela exposição ao ruído.

6.2. Questões de Investigação

Em função do que foi referido e tendo em consideração os objetivos deste trabalho, algumas questões de investigação que estiveram na base deste projeto foram definidas, nomeadamente:

Q1: Qual a alteração nas OEA provocada pela exposição ao ruído?

Q2: Qual a alteração no ATS provocada pela de exposição ao ruído?

Q3: Qual a diferença existente no resultado das OEA quando comparado com o resultado do ATS?

Q4: Qual o melhor método de monitorização da cóclea em trabalhadores expostos ao ruído?

Q5: As OEA podem vir a ser utilizadas como um método eficaz e eficiente de prevenção da perda de audição provocada pela exposição ao ruído?

6.3. Tipo de Estudo

O tipo de estudo deste projecto é de nível I, exploratório - descritivo e é transversal.

6.4. Procedimento do Estudo

Para a aquisição dos dados será necessário ter-se em consideração uma sequência de ações, descritas de seguida:

1. Contacto inicial com a empresa potencialmente colaboradora no estudo verificando a sua possível disponibilidade e interesse;
2. Levantamento do processo de produção da empresa colaboradora;
3. Definição dos postos de trabalho e trabalhadores expostos ao ruído;

4. Caracterização do posto de trabalho ou tarefas realizadas relativamente ao ruído ocupacional;
6. Aplicação do questionário;
5. Avaliação audiológica dos trabalhadores:
 - Realização da otoscopia a fim de se verificar a existência de cerúmen no CAE;
 - Realização do Timpanograma, a fim de se verificar a integridade do tímpano;
 - Realização do ATS;
 - Realização das OEAPD;
9. Tratamento estatístico dos resultados obtidos;
10. Estabelecer uma correlação entre as variáveis avaliadas;
11. Analisar os resultados obtidos;
12. Conclusões do estudo.

6.5. Caracterização do Local de Estudo

A empresa onde se pretende aplicar este estudo, contribui para a despoluição de recursos hídricos, atuando nas bacias hidrográficas do rio Trancão, pequenas bacias da margem direita do estuário do Tejo, entre Vila Franca de Xira e Algés, e nas ribeiras do Oeste (Mafra), numa área total de 1000 km², servindo uma população de cerca de 1,5 milhões de habitantes.

Esta procede à recolha, tratamento e rejeição das águas residuais geradas nas áreas dos concelhos de Amadora, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas e Vila Franca de Xira e algumas áreas limítrofes, provenientes das habitações, comércio e indústria. A água residual é conduzida às diversas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) onde é tratada e devolvida ao meio receptor ou reutilizada. O número de infra-estruturas no final de 2010 eram 29 ETAR, 75 estações elevatórias e 245 quilómetros de interceptores e condutas elevatórias.

Esta empresa possui atualmente 214 trabalhadores, sendo 57 do sexo feminino, e na sua maioria com idades compreendidas entre 36 e os 45 anos. A maior parte dos trabalhadores detém um vínculo sem termo. No entanto, quando o volume ou especificidade do trabalho assim o exige, recorre a empresas prestadoras de serviços.

6.6. Definição da População e da Amostra

A População deste estudo é constituída pelos trabalhadores expostos ao ruído da empresa descrita no ponto anterior e por indivíduos que não trabalhem expostos ao ruído para que possam fazer parte do grupo de controlo.

A amostra deste estudo será por conveniência, selecionada através da realização de um questionário, pois para estudo apenas interessam os trabalhadores expostos ao ruído que, por sua vez, não tenham problemas audiológicos causados sem ser por exposição ao ruído. Em relação ao grupo de controlo é necessário despistar todas as situações mencionadas anteriormente, bem como a exposição ao ruído.

Os fatores de exclusão para este estudo são todos os tipos de hipoacúsia sensorineural não provocada pelo ruído (como por exemplo surdez hereditária, surdez provocada por medicamentos ototóxicos) e os problemas de condução (canal auditivo externo e/ou ouvido médio).

6.7. Definição das Variáveis

As variáveis independentes consideradas neste estudo são nível de pressão sonora da exposição, a idade dos trabalhadores expostos ao ruído, a utilização de protetores auditivos e o tempo de exposição ao ruído. As variáveis dependentes que se podem considerar neste estudo são o resultado das OEAPD e o resultado do ATS.

6.8. Avaliação da Exposição ao Ruído Ocupacional

A empresa colaboradora neste estudo já tem o relatório do ruído ocupacional realizado, por conseguinte a avaliação de exposição de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho considerado é representado na tabela seguinte, mostrando as avaliações de ruído ocupacional realizado com o resultado do $L_{Aeq,T}$.

Tabela 6: Avaliação do ruído ocupacional

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, Tk (1)} (dBA)
L1 - Deslocação na viatura para EEs (Valor obtido durante as medições para ETAR de Alverca)	66,7	69,1
	69,6	
	70,3	
A1 - ETAR - Sala de Controlo	59,3	62,4
	62,6	
	64,1	
A30 - ETAR - Sala centrifuga	85,9	87,3
	87,7	
	88,0	
A31 - ETAR - Sala de controlo/quadros desidratação	78,9	78,5
	78,3	
	78,2	
A32 - ETAR - Av. principal junto da desidratação	82,6	82,0
	78,5	
	83,4	
A33 - ETAR - Sala polimero	71,6	71,1
	70,8	
	70,7	
A34 - ETAR - Av. Principal, junto torres desidratação	84,4	84,2
	84,5	
	83,5	
A35 - ETAR - Av. principal, junto zona de trasfega	87,3	85,9
	85,3	
	84,8	
A36 - ETAR - Av. principal, junto compressores	83,5	81,9
	80,7	
	80,9	
A37 - ETAR - Área dos compressores	81,6	83,2
	83,7	
	84,0	
A38 - ETAR - Sala dos hidropressores ARUT	80,6	80,1
	80,2	
	79,5	
A39 - ETAR - Galeria técnica biofiltração	88,8	89,1
	89,6	
	88,7	
A40 - ETAR - passagem escada de acesso à galeria da biofiltração (ventilador)	98,4	96,8
	94,3	
A41 - ETAR - Passagem superior da biofiltração	82,2	79,8
	78,5	
	77,1	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq,i} (dBA)	L _{Aeq,Tk (1)} (dBA)
A42 - ETAR - Área dos decantadores	73,8	74,1
	74,9	
	73,5	
A43 - ETAR - Sala de quadros da decantação	78,7	78,6
	79,1	
	78,0	
A44 - ETAR - Área dos tanques desarenação	77,1	77,9
	77,9	
	78,7	
A45 - ETAR - Sala dos ventiladores de extracção desodorização	96,8	97,0
	97,3	
	97,0	
A46 - ETAR - galeria inferior da desodorização	86,3	86,4
	86,4	
	86,4	
A47 - ETAR - Passagem para depósitos de reagentes (ventilador)	93,2	93,2
	93,2	
A48 - ETAR - Sala compressor desarenação	83,9	86,3
	86,8	
	87,4	
A49 - ETAR - Sala gerador 1 em funcionamento	107,8	108,0
	108,4	
	107,9	
A50 - ETAR - Obra de entrada	80,2	79,5
	75,3	
	82,8	
	73,9	
A51 - ETAR - Sala motores dos parafusos Arquimedes	82,2	80,9
	80,9	
	79,2	
A52 - ETAR - Piso inferior da gradagem	84,5	84,1
	82,2	
	85,0	
A53 - ETAR - Piso inferior parafusos Arquimedes	79,9	80,3
	81	
	79,9	
A54 - ETAR - galeria decantadores primários	79,2	79,0
	78,5	
	79,3	
A55 - ETAR - galeria de bombas de lamas dos decantadores primários	77,1	77,4
	77,5	
	77,5	
A56 - ETAR - Oficina - rebarbadora a funcionar em ferro	100,6	101,7
	102,5	
A57 - ETAR - Oficina - berbequim em ferro	93,7	93,4
	93,1	
A58 - ETAR - Sala gerador 2	108,2	107,8

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, Tk (1)} (dBA)
	107,9	
	107,4	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A27 - EE2 - Poço húmido	86,4	85,9
	84,7	
	86,5	
A28 - EE2 - Poço Seco - Piso superior	79,3	81,4
	82,8	
A29 - EE2 - Sala de bombas	90,7	90,5
	90,5	
	90,2	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A2 - EE3 - Sala de quadros	79,2	78,5
	78,8	
	77,2	
A3 - EE3 - Poço húmido	89,7	88,8
	87,8	
	88,7	
A4 - EE3 - Sala compressor	89,4	89,6
	89,8	
A5 - EE3 - Poço seco	85,5	85,8
	85,4	
	86,3	
A6 - EE3 - Sala do ventilador de extracção	91,6	91,6
	91,5	
	91,8	
A7 - EE3 - Junto comando do gerador a funcionar	80,1	80,6
	81,0	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A9 - EE4 - Purga do RAC do compressor	102,4	102,1
	101,7	
A10 - EE4 - Sala principal	86,8	86,2
	87,1	
	84,1	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A11 - EE6 - Purga do RAC do compressor	106,3	105,4
	106,9	
	100,9	
A12 - EE6 - Poço húmido	77,7	78,6
	80,7	
	76	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A8 - EE Fradesso - Junto gerador a funcionar	84,2	82,2
	79,0	
	81,8	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A13 - EE Agencias - Gerador em funcionamento	92,6	92,6
	92,5	
	92,6	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A14 - EE Agencias - Sala de quadros (ventilador)	75,8	77,0
	77,9	
	76,9	
A15 - EE Agencias - Poço húmido	84,2	84,0
	85,2	
	82,2	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A16 - EE Cais fluvial - Sala bombagem	86,3	85,3
	84,7	
	84,6	
A17 - EE Cais fluvial - Sala de quadros	78	78,9
	79,6	
	78,9	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A18 - EE Trigo - Junto bombas de água	72,9	72,4
	72	
	72,1	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A19 - EESantos - Sala de quadros (ventilador)	71,7	71,6

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A20 - EESantos - Gerador a funcionar	71,4	
	71,7	
	82,6	82,7
	82,9	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A21 - EE Rocha - Sala de quadros (ventilador)	74,8	74,8
	74,8	
	74,9	
A22 - EE Rocha - Gerador a funcionar	87,8	87,2
	86,4	
	87,2	

ID - Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq, i} (dBA)	L _{Aeq, (1)} (dBA)
A23 - EE1 Belém - Purga do RAC do compressor	93,7	90,7
	74,6	
A24 - EE1 Belém - Poço Seco - Piso superior	74,3	75,6
	76,6	
A25 - EE1 Belém - Poço Seco - Sala de bombas	81,1	81,5
	80,9	
	82,3	
A26 - EE1 Belém - Poço húmido	85,7	85,7
	85,6	

O L_{C,pico} é de 128,8 dB (C) e o L_{EX,8h} de 95 dB (A) foi obtido através expressão seguinte:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq, T_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Tendo por base os valores de L_{Aeq} obtidos nas medições dos vários locais, com o tempo de exposição em cada local, como se pode verificar na tabela apresentada de seguida.

Teste 7: Avaliação da Exposição ao ruído dos trabalhadores

Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq} (dBA)	T _k (min.)	(L _{Ex,sh}) _k dB(A)	Incerteza dB(A)	(L _{Ex,sh}) Maximizado dB(A)
L1 - Deslocação na viatura para EEs (Valor obtido durante as medições para Alverca)	69,1	30			91,0
A1 - ETAR - Sala de Controlo	62,4	45			
A2 - EE3 - Sala de quadros	78,5	30			
A3 - EE3 - Poço húmido	88,8	15			
A4 - EE3 - Sala compressor	89,6	10			
A5 - EE3 - Poço seco	85,8	15			
A6 - EE3 - Sala do ventilador de extracção	91,6	10			
A7 - EE3 - Junto comando do gerador a funcionar	80,6	5			
A8 - EE Fradesso - Junto gerador a funcionar	82,2	10			
A9 - EE4 - Purga do RAC do compressor	102,1	5			
A10 - EE4 - Sala principal	86,2	15			
A11 - EE6 - Purga do RAC do compressor	105,4	5			
A12 - EE6 - Poço húmido	78,6	15			
A13 - EE Agencias - Gerador em funcionamento	92,6	5			
A14 - EE Agencias - Sala de quadros (ventilador)	77,0	15	88,9	2,2	
A15 - EE Agencias - Poço húmido	84,0	15			
A16 - EE Cais fluvial - Sala bombagem	85,3	10			
A17 - EE Cais fluvial - Sala de quadros	78,9	10			
A18 - EE Trigo - Junto bombas de água	72,4	10			
A19 - EESantos - Sala de quadros (ventilador)	71,6	10			
A20 - EESantos - Gerador a funcionar	82,7	10			
A21 - EE Rocha - Sala de quadros (ventilador)	74,8	10			
A22 - EE Rocha - Gerador a funcionar	87,2	10			
A23 - EE1 Belém - Purga do RAC do compressor	90,7	10			
A24 - EE1 Belém - Poço Seco - Piso superior	75,6	15			
A25 - EE1 Belém - Poço Seco - Sala de bombas	81,5	10			
A26 - EE1 Belém - Poço húmido	85,7	15			
A27 - EE2 - Poço húmido	85,9	15			
A28 - EE2 - Poço Seco - Piso superior	81,4	15			
A29 - EE2 - Sala de bombas	90,5	10			

Local/Operação/Condições de medição	L _{Aeq} (dBA)	T _k (min.)	(L _{Ex,sh}) _k dB(A)	Incerteza dB(A)	(L _{Ex,sh}) Maximizado dB(A)
A1 - ETAR - Sala de Controlo	62,4	45			95,0
A30 - ETAR - Sala centrífugas	87,3	30			
A31 - ETAR - Sala de controlo/quadros desidratação	78,5	10			
A32 - ETAR - Av. principal junto da desidratação	82,0	60			
A33 - ETAR - Sala polímero	71,1	15			
A34 - ETAR - Av. Principal junto torres desidratação	84,2	15			
A35 - ETAR - Av. principal junto zona de trasfega	85,9	15			
A36 - ETAR - Av. principal junto compressores	81,9	15			
A37 - ETAR - Área dos compressores	83,2	15			
A38 - ETAR - Sala dos hidropressores ARUT	80,1	15			
A39 - ETAR - Galeria técnica biofiltração	89,1	15			
A40 - ETAR - passagem escada de acesso à galeria da biofiltração (ventilador)	96,8	5			
A41 - ETAR - Passagem superior da biofiltração	79,8	15			
A42 - ETAR - Área dos decantadores	74,1	15	93,7	1,3	
A43 - ETAR - Sala de quadros da decantação	78,6	5			
A44 - ETAR - Área dos tanques desarenação	77,9	15			
A45 - ETAR - Sala dos ventiladores de extracção desodorização	97,0	10			
A46 - ETAR - galeria inferior da desodorização	86,4	10			
A47 - ETAR - Passagem para depósitos de reagentes (ventilador)	93,2	10			
A48 - ETAR - Sala compressor desarenação	86,3	10			
A49 - ETAR - Sala gerador 1 em funcionamento	108,0	10			
A50 - ETAR - Obra de entrada	79,5	60			
A51 - ETAR - Sala motores dos parafusos Arquimedes	80,9	15			
A52 - ETAR - Piso inferior da gradagem	84,1	30			
A53 - ETAR - Piso inferior parafusos Arquimedes	80,3	5			
A54 - ETAR - galeria decantadores primários	79,0	5			
A55 - ETAR - galeria de bombas de lamelas dos decantadores primários	77,4	5			
A58 - ETAR - Sala gerador 2	107,8	5			

6.9. Aplicação do Questionário

O questionário aplicado neste estudo foi adaptado do questionário utilizado no estudo de Monteiro & Serrano (2007). O objetivo da aplicação deste questionário é apurar o tempo a que os trabalhadores estão expostos ao ruído e verificar se estes não têm problemas audiológicos, para além dos que possam eventualmente resultar da exposição ao ruído. Em relação ao grupo de controlo é necessário despistar todas as situações mencionadas anteriormente, bem como a exposição ao ruído.

As questões 3, 4 e 5 que se encontram no questionário pretendem quantificar o tempo de exposição (em anos) de exposição ao ruído do trabalhador tanto na empresa atual como numa outra qualquer empresa onde possam ter trabalhado antes e que tenham estado expostos ao ruído, assim como para verificar se os trabalhadores utilizam protetores auditivos.

As questões 6, 7, 8 e 9 do questionário pretendem despistar doenças que os trabalhadores possam ter, quer ao nível do ouvido externo, quer do ouvido médio e/ou ouvido interno, e que não tenham sido causadas pela exposição ao ruído.

6.10. Realização do Audiograma Tonal Simples e das Otoemissões Acústicas

Os trabalhadores antes de realizarem os exames audiológicos não devem ter estado expostos ao ruído até pelo menos 12h antes, para que não sofram de TTS na realização do ATS e das OEA.

Antes da realização do ATS e das OEA, será necessário realizar a otoscopia para certificar que não existe cerúmen no CAE ou outra alteração que possa influenciar o resultado do ATS e das OEA. Será realizado em seguida um Timpanograma para que se possa verificar a integridade do tímpano, pois a alteração neste teste, pode ser indicativo de alteração no resultado do ATS e/ou das OEA.

No ATS serão pesquisados os limiares nas frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000Hz, 4000 Hz, 6000Hz e os 8000 Hz, por via aérea (VA) e por via óssea (VO) pesquisam-se as frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 3000Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.

As OEA utilizadas serão por produtos de distorção uma vez que com estas conseguimos estudar as mesmas frequências estudadas no ATS, f1 é a primária com uma frequência menor e f2 é a primária com a frequência maior, sendo a razão entre estas de 1,2. A intensidade do estímulo são f1 igual a 55 dB e f2 igual a 65 dB, uma vez que as OEAPD, a estas intensidades só estão presentes em indivíduos com audição normal.

As frequências testadas nas OEAPD serão os 1000 Hz, 2000 Hz, 3000Hz, 4000 Hz, 6000Hz e os 8000 Hz. Apenas se consideram para a amostra as OEA que possuem uma diferença entre o produto de distorção (PD) e o ruído de fundo (NF), superior a 6 dB SPL ($DP-NF > 6$ dB SPL) para a frequência de 1000 Hz nos dois ouvidos e 3 dB SPL ($DP-NF > 3$ dB SPL) para as restantes frequências nos dois ouvidos.

6.11. Instrumentos de Recolha de Dados

Para a realização deste trabalho serão necessários utilizar os instrumentos tais como o otoscópio Heine, para verificar a existência de cerúmen no CAE; o Impedâncímetro de marca e modelo Amplaid 728, que permite estudar as variações de *compliance* do tímpano de forma perceber se o tímpano se encontra íntegro; o Vivossonic IP080 permite realizar o estudo das OEA e dá-nos o resultado por cada frequência testada (a apresentação gráfica deste exame encontra-se na figura seguinte); o Audiometro de Marca Amplaid, modelo 319, permite a realização do ATS, o resultado obtido em cada frequência pesquisada é registada no gráfico (como demonstrado anteriormente neste estudo) e um questionário que se encontra em anexo.

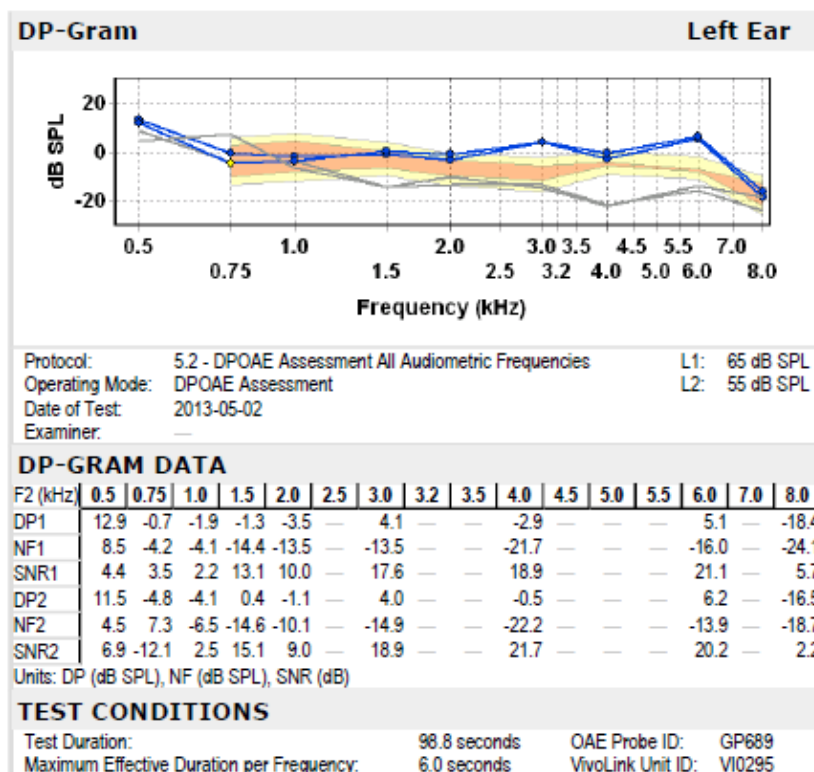


Figura 12: Apresentação do resultado da pesquisa das OEAPD no ouvido esquerdo

6.12. Questões Éticas

Para que este estudo seja eticamente correto foi necessário pedir consentimento à empresa onde se realiza a recolha da amostra. Ao sujeito inquirido será necessário explicar que todos os dados fornecidos neste estudo serão tratados sobre regime de anonimato e com a maior confidencialidade. Explicando-se também qual o objetivo principal deste estudo, referindo que este apenas tem valor em termos de tratamento de dados, para fins de informação, sendo também importante esclarecer que o estudo não tem interesses comerciais. Depois de todo o esclarecimento ao sujeito inquirido foi pedido seu consentimento para a realização do estudo (em anexo).

6.13. Processamento e Tratamento Estatístico dos Dados

Os dados obtidos com este neste estudo serão tratados estatisticamente através da utilização do programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences).

7. Resultados

7.1 Aplicação do Pré-teste

O Pré-teste foi aplicado a dois trabalhadores da empresa descrita anteriormente, com a aplicação do questionário, constatou-se que ambos estão expostos ao ruído ocupacional há cerca de 15 anos, embora a sua actividade não implique que o trabalhador esteja exposto ao ruído 8h por dia, mas ambos referem que aquando da exposição ao ruído não costumam usar protetores auditivos.

Depois de realizada a otoscopia e o timpanograma, constatou-se que ambos os exames estavam normais, procedendo-se à aplicação do pré-teste.

No ATS pesquisaram-se os limiares nas frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000Hz, 4000 Hz, 6000Hz e os 8000 Hz, por VA e por VO pesquisam-se as frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 3000Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.

No protocolo das OEA considerou-se f1 primária com frequência menor e f2 a primária com frequência maior, sendo que f2 é igual a $f1 \times 1,2$. A intensidade do estímulo foi para f1 55 dB e para f2 65 dB.

Apenas se consideraram para o pré-teste as OEAPD em que DP-NF > 6 dB SPL para a frequência de 1000 Hz nos dois ouvidos e para as restantes frequências DP-NF > 3 dB SPL. As frequências testadas foram 1000 Hz, 2000 Hz, 3000Hz, 4000 Hz, 6000Hz e os 8000 Hz.

7.2 Resultado do Audiograma Tonal Simples

Os resultados obtidos no ATS são apresentados nas tabelas seguintes, na tabela 8 encontra-se o resultado do ouvido direito e na tabela 9 o resultado do ouvido esquerdo, em cada frequência testada. Os valores apresentados encontram-se em dB HL.

Tabela 8: Resultado do Audiograma Tonal Simples para o Ouvido Direito

		Resultado do Audiograma Tonal Simples OD							
		250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
SA	VO	5	5	5	0	0	0	15	-
	VA	5	5	5	0	0	0	15	0
SB	VO	15	10	5	10	10	15	20	-
	VA	15	10	5	10	10	15	20	5

Legenda da Tabela 8:

OD – Ouvido Direito

SB – Sujeito B

VA – Via Aérea

SA – Sujeito A

VO – Via Óssea

Relativamente ao resultado do ATS para o Sujeito A verifica-se que o limiar de audição se encontra dentro dos parâmetros considerados normais, embora a frequência de 6000Hz, comparativamente com as restantes frequências, apresente um limiar um pouco mais aumentado.

Em relação ao Sujeito B, e no que se refere ao resultado do ATS, este tem o limiar auditivo das frequências testadas dentro do que é considerado normal, embora a frequência dos 4000Hz e dos 6000Hz se encontrem um pouco mais elevadas comparativamente com as restantes.

Tabela 9: Resultado do Audiograma Tonal Simples para o Ouvido Esquerdo

		Resultado do Audiograma Tonal Simples OE							
		250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
SA	VO	5	10	10	10	5	0	5	-
	VA	5	10	10	10	5	0	5	0
SB	VO	10	5	0	5	15	0	20	-
	VA	10	5	0	5	15	0	20	0

Nota: Resultados em dB HL

Legenda da Tabela 8:

OE- Ouvido Esquerdo

SB – Sujeito B

VA – Via Aérea

SA - Sujeito A

VO – Via Óssea

Em relação ao Sujeito A, o limiar auditivo das frequências testadas no ATS encontram-se dentro do que é considerado normal.

Relativamente ao resultado do ATS para o Sujeito B verifica-se que o limiar de audição se encontra dentro dos parâmetros considerados normais. Apesar disso, e comparativamente com as restantes frequências, os 3000Hz e os 6000Hz encontram-se com o limiar um pouco mais aumentado.

7.3 Resultado das Otoemissões Acústicas

Os resultados obtidos na pesquisa das OEAPD são apresentados nas tabelas seguintes, na tabela 10 encontra-se o resultado do ouvido direito e na tabela 11 o resultado do ouvido esquerdo, em cada frequência testada. Os valores apresentados encontram-se em dB SPL.

Na pesquisa das OEAPD são realizadas duas passagens em todas as frequências estudadas, mas apenas se considerou o melhor resultado para cada frequência testada.

Teste 10: Resultado das Otoemissões Acústicas do Ouvido Direito

		Resultado das Otoemissões Acústicas					
Ouvido	Sujeito	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
Direito	A	4,7	10,4	5,3	-6,3	6,3	1,2
	B	11,9	12,3	-0,6	7	-2	-6,3
Esquerdo	A	5	1,1	5,8	-0,6	5,6	-14,6
	B	16,3	11,3	2	8,1	9,9	1,7

Relativamente ao resultado das OEAPD, consideraram-se as amplitudes apresentadas na tabela anterior (tabela 10) depois de se confirmar que a diferença entre o produto de distorção e o ruído de fundo não era superior a 6 dB SPL para a frequência de 1000 Hz e, para as restantes frequências, esta diferença não era superior a 3 dB SPL. Sendo assim, verifica-se que a amplitude das OEAPD, estão presentes em todas as frequências testadas.

7.4. Discussão de Resultados

Os resultados obtidos no ATS demonstram que ambos os trabalhadores têm audição normal, pois o limiar auditivo encontra-se dentro dos valores considerados normais (entre os 0dB e os 20dB), embora na frequência dos 6000Hz (em ambos os trabalhadores testados) se encontre com o limiar um pouco mais elevado comparativamente com as restantes.

Relativamente ao resultado das OEAPD, verifica-se que em ambos os trabalhadores a amplitude destas se encontra presente.

Os resultados que se possam obter deste estudo serão comparados com estudos realizados anteriormente, onde foram detetadas alterações na cóclea antes de se refletirem alterações no ATS dos trabalhadores expostos ao ruído.

Ao longo da pesquisa bibliográfica, foram encontrados vários estudos que desenvolveram esta temática. Por exemplo, no estudo de Balatsouras (2004), o autor verificou uma maior sensibilidade das OEAPD na detecção de alterações cocleares por exposição ao ruído, pois o resultado obtido nas OEAPD foi melhor do que o ATS, uma vez que encontrou diferenças significativas na maior parte das frequências testadas.

Marques e Costa (2006) desenvolveram um estudo transversal com dois grupos, um de controlo não exposto ao ruído e um grupo exposto ao ruído, mas ambos os grupos com limiares auditivos normais. Aplicou a todos os indivíduos as OEAPD e ATS, e através dos resultados obtidos verificaram que existe uma associação entre a ausência das OEAPD nos trabalhadores expostos ao ruído em relação aos não expostos, nas frequências mais afectadas pelo ruído. Reforçando, assim, que as OEAPD são um método útil na detecção de alterações cocleares provocadas pela exposição ao ruído ocupacional.

Seixas *et al.*, (2004) desenvolveram o estudo com operários da construção civil, ainda no início deste ofício, e comparou os resultados deste grupo com os de um grupo de controlo composto por estudantes. Verificaram que a amplitude das OEAPD eram menores nos trabalhadores da construção civil, nas frequências compreendidas entre os 3000 Hz e os 8000 Hz, verificaram também que existe uma grande variabilidade nas OEAPD. Os anos de trabalho na construção, cerca de 2 anos, foram significativamente associados ao aumento do limiar auditivo, de 0,5 dB para 0,7 dB por ano de exposição ao ruído, no intervalo de 4000 Hz a 8000 Hz. Relativamente à amplitude das OEAPD apuraram que estas diminuíram entre 0,2 dB e os 0,4 dB. Com

este estudo, Seixas *et al.*,(2004) pode também concluir que a frequência mais afectada foi os 6000 Hz.

Korres *et al.*, (2009) pretendiam avaliar a PAIR em trabalhadores da indústria através das OEAPD e do ATS. Utilizou as OEAPD e o ATS em trabalhadores expostos ao ruído com uma média de mais ou menos 11 anos de exposição ao ruído (variando de 1 a 30 anos de exposição ao ruído) e aplicaram os mesmos testes a indivíduos não expostos ao ruído. Neste estudo, os autores verificaram que a amplitude das OEAPD foram afetadas nas frequências mais elevadas e o máximo de resposta encontrado foi na frequência de 2000 Hz. Os limiares auditivos também foram afetados em todas as frequências. Korres *et al.*, (2009) comparam o número de frequências afetadas com os dois métodos realizados e verificaram que os 1000, 2000 e 4000 Hz são as frequências mais afetadas, pois apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Ao comparar o aumento dos limiares auditivos obtidos através do ATS com a redução da amplitude das OEAPD foi possível constatar que existia uma correlação significativa em todas as frequências (Korres *et al.*, 2009).

Guida, Sousa, e Cardoso (2012) com o seu estudo pretenderam verificar a correlação entre os resultados obtidos no ATS e os resultados obtidos nas OEAPD. Aplicaram tanto o ATS como as OEAPD em polícias expostos ao ruído, utilizando a mesma metodologia aplicada no corrente estudo e concluiu que as frequências mais altas (3000 Hz a 8000 Hz) foram as que apresentaram uma menor amplitude nas respostas das OEAPD, constatando também que a exposição ao ruído aumenta a estimativa de ausência de resposta das OEAPD. Os autores conseguiram confirmar o seu objectivo principal, tendo concluído que existe uma correlação entre as médias por frequência do ATS e as médias das amplitudes das OEAPD, pois demonstraram uma forte significância estatística entre estas duas variáveis. Permitindo confirmar que: *“quanto maior o limiar audiométrico observado na audiometria, menor a amplitude dos resultados do exame OEAPD”* (Guida *et al.*, 2012).

7.5. Considerações Finais

Com esta análise podemos comprovar que as OEA são uma ferramenta importante na deteção de alterações cocleares provocadas pelo ruído ocupacional. Como descrevem vários autores, as OEA são um método não invasivo e sensível para a avaliação funcional CCE, pois são estas o principal alvo da exposição ao ruído

comparativamente com as CCI, provavelmente devido a terem diferentes localizações e terem estruturas e funções diferentes.

A PAIR é atualmente detetada através do ATS. Uma alternativa e/ou um complemento para a avaliação coclear da PAIR são as OEA, pois podem ser utilizadas eficientemente, sendo também um método preciso, objetivo, sendo considerada uma ferramenta rápida e não invasiva para avaliar a função das CCE na prática clínica (Korres *et al.*, 2009; Guida *et al.*, 2012;)

As OEA podem ser um teste mais sensível da função coclear comparativamente ao ATS (Korres *et al.*, 2009).

As OEAPD possivelmente são mais úteis, pois fornecem-nos informação de frequências cocleares específicas. Estas têm bons resultados nas respostas das altas frequências, que por norma são estas frequências mais afetadas pela exposição ao ruído (Korres *et al.*, 2009).

O ATS é um método considerado importante, mas é também considerado subjetivo, demorado, e não muito sensível a pequenas alterações nos limiares auditivos, e quando se verifica a existência de PTS, já há danos significativos para o ouvido interno. Outra desvantagem do ATS é o facto de ser necessária a colaboração dos indivíduos (Korres *et al.*, 2009).

Korres *et al.*, (2009) defende que as OEA são um exame que nos últimos tempos tem sido proposto como alternativa ao estudo da função coclear para os casos de pessoas expostas ao ruído no seu local de trabalho. Este teste é considerado uma medida mais direta e confiável na deteção das alterações precoces e danos na cóclea quando comparado com o ATS, e poderá desempenhar um papel importante no aumento da eficácia dos PCA.

Uma das limitações deste estudo é o facto de não ser longitudinal, isto é, de não se poder apurar qual o comportamento das OEAPD ao longo do tempo de exposição ao ruído comparativamente com o ATS. No estudo desenvolvido por Seixas *et al.*, (2012), verificou-se que, em trabalhadores da construção civil expostos a ruídos elevados durante 10 anos, as OEAPD não se evidenciaram mais sensíveis na deteção de alterações induzidas pelo ruído ou numa fase mais precoce comparativamente ao ATS, mas embora o efeito do ruído no resultado das OEAPD fosse pequeno, foi detetado mais cedo do que ATS (Seixas *et al.*, 2012).

Concluído este projecto e após análise dos estudos supracitados, verifica-se que as OEA podem ser um bom instrumento para se incluir num PCA de modo a que se

consiga detectar alterações cocleares ainda numa fase inicial, a fim de se conseguir alertar e sensibilizar o trabalhador exposto ao ruído ocupacional.

Referências Bibliográficas

Arezes, P. (2002). Percepção do Risco de Exposição. *Tese de Doutoramento*, 269. Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Balatsouras, D., Tsimpiris, N., & Korres, S. (Janeiro de 2005). The effect of impulse noise on distortion product otoacoustic emissions. *International Journal of Audiology*, 44, pp. 540-549.

Balatsouras, D. (2004). The evaluation of noise-induced hearing loss with distortion product otoacoustic emission. *Med Sci Monit*, 10(5), pp. 218-222.

Bess, F., & Hulmer, L. (1998). *Fundamentos de Audiologia*. (2ª ed.). Artemes.

Bramatti, L., Morata, T., & Marques, J. (2008). Ações educativas com enfoque positivo em programa de conservação auditiva e sua avaliação. *10(3)*, pp. 398-408.

Bueche, F. (2001). *Física* (9ª ed.). Mc-Graw-Hil.

Coelho, M., Ferraz, J., Almeida, O., & Filho, N. (Novembro-Dezembro de 2010). As emissões otoacústicas no diagnóstico diferencial das perdas auditivas induzidas por ruído. *12*, pp. 1050-1058.

CRIC. (2003). *Em Torno da Cóclea*. Lisboa: Servier: Lisboa, 2003.

Decreto-Lei nº182/2006. ((Setembro 2006)). Diário da República, 1ª série, Nº 172.

Duthie Jr, E., Katz, P., & Malone, M. (2007). *Practice of Geriatrics* (4ª ed.). Philadelphia: Saunders Elsevier.

Filho, O. (1997). *Tratado de Fonoaudiologia* (1ª ed.). São Paulo: Tecmed Editora Lda.

Flint, P., Haughey, H., Lund, J., & Niparko, J. (2010). *Cummings Otolaryngology Head & Neck Surgery* (5ª ed.). Philadelphia: Mosby.

Freitas, L. (2008). *Segurança e Saúde do Trabalho* (1º ed.). Lisboa: Edições Sílabo Lda.

Gama, M. (2001). *Resolvendo Caso em Audiologia*. São Paulo: Plexus.

Gefand, S. (2001). *Essentials of Audiology* (2º ed.). New York: Thieme.

Gonçalves, C., & Iguti, A. (Março de 2006). Análises de programas de preservação da audição em quatro indústrias metalúrgicas de Pracicaba, São Paulo, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, 22(3), pp. 609-618.

Guida, H., Sousa, A., & Cardoso, A. (Jan/Fev/Março de 2012). Relação entre achados da avaliação audiométrica e das emissões otoacústicas em polícias militares. *Arq. Int. Otorrinolaringol.*, v.16, n.1, pp. 67-73.

Hall, J. (2000). *Handbook of Otoacoustic Emission*. Canada: Singular Publish.

Henrique, L. (2002). *Acústica Musical*. Lisboa: Fundação Caloust Gulbenkian.

Herdman, S. (2002). *Reabilitação Vestibular* (1º ed.). Barueri: Manole.

Hungria, H. (2000). *Otorrinolaringologia* (8º ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.

Katz, J. (1999). *Tratado de Audiologia Clínica* (4.ª Edição ed.). São Paulo: Manole.

Korres, G., Balatsouras, D., Tzagaroulakis, A., Kandiloros¹, D., Ferekidou, E., & Korres, S. (2009). Distortion product otoacoustic emissions in an industrial setting. *Noise & Health*, 11, pp. 103-110.

Kós, M., Almeida, K., Frota, S., & Hoshinho, A. (Julho-Setembro de 2009). Emissões otoacústicas produto de distorção em normo ouvintes e em perdas auditivas neurosensoriais leve e moderada com os protocolos 65/55dB NPS e 70/70dB NPS. *CEFAC*, 11, pp. 465-472.

Marques, F., & Costa, E. (Maio/Junho de 2006). Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 72 (3), pp. 362-366.

Miguel, A. (2007). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (10^o ed.). Porto: Porto Editora.

Monteiro, D., & Serrano, M. (2007). As Otoemissões Acústicas Consoante os Anos de Exposição ao Ruído. Monografia apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde Coimbra.

Penha, R. (1998). *Otorrinolaringologia*. Lisboa: Antunes & Amílcar Lda.

Pina, A. (2000). *Educação Para a Saúde - Ruído*. Obtido em 10 de Março de 2013, de Portal da Saúde Pública: <http://saudepublica.web.pt/05-PromocaoSaude/051-Educacao/ruído.htm>

Portmann, M., & Portmann, C. (1993). *Tratado de Audiometria Clínica* (6^o ed.). São Paulo: Roca.

Rabinowitz, P. (2000). Noise induced Hearing loss. *Amerian Family Physician*, 61.

Reis, J. (2002). *Surdez diagnóstico e reabilitação*. Servier.

Reis, J. (2003). *Surdez, Diagnóstico e Reabilitação* (Vol. II). Lisboa: Servier.

Robinette, M., & Glatke, T. (1997). *Otoacoustic Emissions, Clinical Applications*. New York: Thieme.

Ruah, S., & Ruah, C. (1999). *Manual de Otorrinolaringologia*. Selenprinter.

Seixas, N., Goldman, B., Sheppard, L., Neitzel, R., Norton, S., & Kujawa, S. (2005). Prospective noise induced changes to hearing among construction industry apprentices. *Occupational and Environmental Medicine*, 62, pp. 309–317.

Seixas, N., Kujawa, S., Norton, S., Sheppard, L., Neitzel, R., & Slee, A. (2004). Predictors of hearing threshold levels and distortion product otoacoustic emissions among noise exposed young adults. *Occupational Environmental Medicine*, 61(11), pp. 899-907.

Seixas, N., Neitzel, R., Stover, B., Sheppard, L., Feeney, P., Mills, D., & Kujawa, S. (2012). 10-year prospective study of noise exposure and hearing damage among construction workers. *Occup Environ Med*, 69, pp. 643-650.

Shupak , A., Tal, D., Sharoni, Z., Oren, M., Ravid, A., & Pratt, H. (2007). Otoacoustic Emissions in Early Noise-Induced Hearing Loss. *Otology & Neurotology*, 28, pp. 745-752.

Tavares, M. (2012). Linguagem escrita em alunos surdos com e sem implante coclear. *Tese de Mestrado*, 101. Universidade de Aveiro.

Tinto, R., Rosa, M., & Pimentel, J. (1998). Emissões otoacústicas noções teóricas e aplicações clínicas. *Revista Portuguesa de ORL*, 36 (3), pp. 179-184.

Tipler, P. (1991). *Física para Cientistas e Engenheiros* (3º ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.

Anexos

Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho

No âmbito do Projecto de Mestrado, Daniela Alexandra Ferreira Monteiro, aluna da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, do Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho objectiva realizar um estudo sobre a importância das Otoemissões Acústicas num programa de conservação de audição em trabalhadores expostos ao ruído.

Os dados fornecidos serão tratados sobre regime de anonimato e com a maior confidencialidade, sendo o seu valor apenas para tratamento estatístico dos dados, a fim de obter uma informação.

Este estudo não tem qualquer interesse comercial.

Eu abaixo assinado, declaro que tomei conhecimento dos objectivos do trabalho de investigação intitulado “A importância das Otoemissões Acústicas num Programa de Conservação de Audição em Trabalhadores Expostos ao Ruído”, realizado pela aluna Daniela Monteiro, que frequenta o Mestrado em Segurança e Higiene no trabalho, na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa.

Acrescento que estou informado de que todos os dados recolhidos irão ser tratados de modo estritamente confidencial e não têm qualquer interesse comercial, aceitando por isso, fazer parte do pré-teste do referido trabalho.

Questionário

N.º _____

1. Idade: _____

2. Sexo: _____

3. Há quantos anos trabalha nesta empresa? _____

3.1 Está exposto(a) ao ruído 8h por dia? Sim: _____ Não: _____

4. Antes de trabalhar nesta empresa, trabalhou noutro local exposto ao ruído? Sim: _____ Não: _____

4.1 Se sim, quantos anos? _____

5. Costuma usar protectores auditivos? Sim: _____ Não: _____

6. Costuma no seu local de trabalho estar exposto a químicos? Sim: _____ Não: _____

6.1 Se sim, qual/ quais? _____

7. Acha que ouve bem? Sim: _____ Não: _____

7.1 Já alguma vez teve problemas auditivos? Sim: _____ Não: _____

7.2 Se sim, qual/ quais (assinale) : Otites externas: _____

Otites médias: _____

Otorreias: _____

Cirurgia: _____

Traumatismo craneano: _____

Medicamentos ototóxicos: _____

Outros (Qual/Quais?): _____

8. Sente alguma alteração do seu estado de saúde?

Sim: _____ Não: _____

8.1 Se sim, qual/ quais (assinale): Dificuldades auditivas: _____

Alterações de sono: _____

Irritabilidade: _____

Alterações de Humor: _____

Diminuição da concentração: _____

Perda de apetite: _____

Náuseas: _____

Cefaleias: _____

Ansiedade: _____

Fadiga: _____

9. Tem conhecimento da existência de problemas auditivos na sua família?

Sim: _____ Não: _____

9.1 Se sim, qual/quais: _____

