

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Anabela Sofia de Almeida Barbosa Pereira

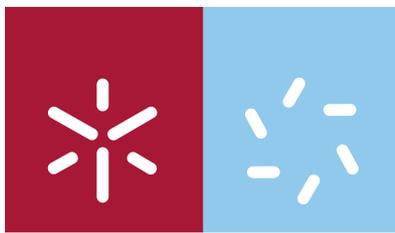
**Avaliação da Exposição dos Trabalhadores
ao Ruído
(Análise de Casos)**

Avaliação da Exposição dos Trabalhadores ao Ruído
(Análise de Casos)

Anabela Sofia de Almeida Barbosa Pereira

UMinho | 2009

Novembro de 2009



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Anabela Sofia de Almeida Barbosa Pereira

**Avaliação da Exposição dos Trabalhadores
ao Ruído
(Análise de Casos)**

Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Senentxu Lanceros-Méndez

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

*Começa a haver meia-noite, e a haver sossego,
Por toda a parte das coisas sobrepostas,
Os andares vários da acumulação da vida...
Calaram o piano no terceiro andar...
Não ouço já os passos no segundo-andar...
No rés-do-chão o rádio está em silêncio...
Vai tudo dormir...
Fico sozinho com o universo inteiro.
Não quero ir à janela:
Se eu olhar, que de estrelas!
Que grandes silêncios maiores há no alto!
Que céu anticidadino! -
Antes, recluso,
Num desejo de não ser recluso,
Escuto ansiosamente os ruídos da rua...
Um automóvel! - demasiado rápido!
Os duplos passos em conversa falam-me...
O som de um portão que se fecha brusco dói-me...
Vai tudo dormir...
Só eu velo, sonolentemente escutando,
Esperando
Qualquer coisa antes que durma...
Qualquer coisa.*

Álvaro de Campos

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Os meus primeiros agradecimentos vão para o meu orientador: Professor Doutor Senentxu Lanceros-Méndez pela paciência, disponibilidade e toda a indispensável ajuda.

Também quero agradecer aos colaboradores de todas as empresas que forneceram todos os dados necessários para que este trabalho fosse possível.

A todos trabalhadores que participaram nas avaliações e fizeram parte da investigação realizada, pois sem eles, este trabalho não era possível de concretizar.

A todos aqueles que, de uma forma ou outra, contribuíram para o resultado final deste trabalho.

Ao meu pai, a quem dedico este trabalho, que sempre me ensinou a não desistir nos momentos mais difíceis.

Guimarães, 30 de Novembro de 2009

RESUMO

A exposição ao ruído no local de trabalho é causa directa da segunda mais importante doença profissional no nosso país - a surdez - originando ainda, frequentemente, outras perturbações fisiológicas e psicológicas.

Tais perturbações podem conduzir a estados de fadiga física e psíquica que, para além de custos sociais evidentes, se acabam por traduzir também em custos económicos para as empresas, devido a perdas de produtividade e de qualidade do trabalho, desmotivação e absentismo.

O reconhecimento destes problemas levou à elaboração de legislação com vista à protecção dos trabalhadores, é assim objectivo deste trabalho abordar a temática do ruído no local de trabalho com base na legislação em vigor, em Portugal, sobre este assunto.

Foi assim, desenvolvido um estudo sobre a legislação em vigor em Portugal e foi avaliado o impacto do ruído nos locais de trabalho, através da realização de estudos práticos – avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído, em distintas empresas do sector do têxtil e vestuário, onde existem processos de trabalho com níveis sonoros elevados.

Em todos os locais de trabalho há ruídos, estes podem atingir ou não níveis de intensidade perigosos para a saúde e para a segurança dos trabalhadores. Assim, foram avaliadas 7 empresas do ramo do têxtil e vestuário, através da medição dos níveis de exposição dos trabalhadores ao ruído nos seus locais de trabalho, L_{Ex8h} , resultantes dos níveis de ruído efectuados pelas máquinas/equipamentos de trabalho.

Nas empresas avaliadas verificou-se que existe exposição ao ruído com valores superiores aos valores de acção conforme o artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 182/2006. Todas as empresas fornecem aos seus trabalhadores como medida de protecção individual, protectores auriculares, cumprindo o artigo 7.º, ponto 2, alínea a). Neste sentido é importante indicar que os trabalhadores deverão reconhecer a importância da sua utilização e as entidades patronais ter sensibilidade para fornecerem informação e formação adequada aos seus trabalhadores para os riscos potenciais para a segurança e a saúde derivados da exposição ao ruído durante o trabalho, de acordo com o estabelecido no artigo 9.º do Decreto-Lei n.º 182/2006.

ABSTRACT

The exposure to noise at the workplace is the direct cause of the second most important occupational disease in our country - hearing loss - resulting often in other physiological and psychological disturbances.

Such disturbances can lead to states of physical and mental fatigue, in addition to the obvious social costs, eventually translated into economic costs for businesses due to the lost of productivity and work quality, motivation and absenteeism.

The recognition of these problems led to the drafting of legislation to protect workers. The purpose of this study is to address the issue of noise at the workplace based on the law in force in Portugal, on this subject.

Thus, a study was developed on the laws in force in Portugal and on the impact of noise in the workplace through practical studies - assessing the exposure of workers to noise in different companies, especially in the textile and clothing industries - where there are work processes with high noise levels.

In all workplaces there is noise that can or cannot reach intensity levels dangerous to the health and the safety of workers. Therefore, there were evaluated seven companies in the textile and clothing industry by the measurement of worker exposure to noise in their workplaces, resulting from the noise made by machinery/equipment work.

In the companies surveyed, it was found that there is exposure to noise with values larger than those under the Article 3º of the Portuguese Decree-Law N.º 182/2006. All companies provide their employees hearing protection, in compliance with the Article 7º, Point 2, point a). In this sense, it is important to state that workers should recognize the importance of its use and employers should be more sensitive to provide information and training to their employees for potential risk to safety and health, arising from exposure to noise at the workplace, according with the provisions of Article 9º of the Decree-Law N.º 182/2006.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES	xii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Objectivos	3
1.2 Reconhecimento do ruído como um risco para a saúde.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. ACÚSTICA: CONCEITOS GERAIS	6
2.1 O que é o som?.....	6
2.2 Princípios físicos fundamentais do som:	6
2.3 Velocidade do Som:.....	7
2.4 Propagação do Som	8
2.5 Intensidade Acústica:	10
2.6 Anatomia e Fisiologia da Audição.....	11
2.7 Percepção do som:	13
2.7.1 Níveis de audibilidade e sonoridade do som:.....	14
2.7.2 Bandas de oitava e tons:	15
2.7.3 Escala em dB com ponderação A :	16
2.7.4 Curvas de Ponderação	18
2.8 Ruído.....	19
2.8.1 O que é o ruído?	19
2.8.2 Medir o Ruído	22
2.8.3 Como se propaga o ruído?.....	22
Campos de propagação do ruído em espaços fechados, conforme figura 12:.....	24
Campo Livre - Lei do Inverso do Quadrado da Distância	24
Campo Difuso	25
2.8.4 Consequências ou Efeitos do Ruído.....	26
Efeitos de natureza psicológica.....	30
Ruído e produtos químicos	30
Ruído e trabalhadoras grávidas.....	30
Risco acrescido de acidentes.....	31
Efeitos sociais e económicos	31
2.8.5 Medidas gerais de prevenção	31
Medidas de carácter geral:.....	31
Medidas de carácter específico:	31
Redução da transmissão de ruído através de:.....	32
Redução da radiação sonora através de:.....	32
Separação de locais:	32
Melhorias na acústica dos edifícios, tais como:	32
Medidas de carácter geral:.....	32
Medidas de protecção individual:	32

2.8.6	Ruído e a Segurança.....	32
2.8.7	Impacto do Ruído na União Europeia.....	35
CAPÍTULO III		39
3.	LEGISLAÇÃO.....	40
3.1	Legislação sobre Ruído em Portugal	40
CAPÍTULO IV		48
4.	AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AO RUÍDO.....	49
4.1	Medição do ruído:.....	49
4.1.1	O sonómetro – Instrumento para medição do ruído:	49
4.2	Normas e Procedimentos:	52
4.3	Método de Medição	53
4.4	Posições de medição	54
4.5	Intervalos de Tempo de Medição e Número de Medições	54
4.6	Tratamento dos Dados	55
4.7	Incertezas de medição	56
4.7.1	Conceitos a considerar.....	57
4.7.2	Componentes para a Incerteza na medição do nível de ruído laboral ($L_{EX,8h}$) 58	
4.7.3	Contribuições para a incerteza.....	61
4.7.4	Determinação da incerteza expandida	61
4.7.5	Contribuição da incerteza de medição e do balanço.....	62
4.7.6	Cálculo da incerteza padrão combinada, μ , e da incerteza expandida, U	64
4.8	Metodologia de recolha de dados para amostragem.....	65
4.8.1	Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído.....	66
4.9	Metodologia de Medição	67
4.9.1	Equipamento de medição.....	67
4.9.2	Método de medição	67
CAPÍTULO V		68
5.1	RESULTADOS	69
5.1.1	Condições de medição	69
5.1.2	Legislação e Normalização.....	69
5.1.3	Caracterização da Amostra.....	70
5.1.4	Fotografia de Postos de Trabalho avaliados	71
5.1.5	Resultados Obtidos	73
5.2	DISCUSSÃO	92
CAPÍTULO VI.....		94
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS		98
ANEXOS		101

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 - Representação Esquemática de uma onda [6]
- Figura 2 - Reflexão e Refracção na Interface de dois meios [5]
- Figura 3 - Estrutura do ouvido [13]
- Figura 4 - Estrutura do ouvido interno [30]
- Figura 5 - Curvas de igual audibilidade ou curvas de Fletcher-Munson [5]
- Figura 6 - Curvas de ponderação [16]
- Figura 7 - Curvas de ponderação que simulam a resposta da audição humana [16]
- Figura 8 - Escala em decibel [18]
- Figura 9 - Aritmética do decibel [19]
- Figura 10 - Incomodidade do ruído [19]
- Figura 11 - Esquema da divisão do som ao encontrar um obstáculo [20]
- Figura 12 - Propagação do ruído em espaços fechados [21]
- Figura 13 - Lei do universo do quadrado da distância [21]
- Figura 14 - Câmara anecóica [22]
- Figura 15 - Câmara reverberante [22]
- Figura 16 - Audiograma de um ouvido esquerdo com um entalhe nos 4000 Hz [15]
- Figura 17 - Evolução da surdez [15]
- Figura 18 - Perdas de audição normal, na mulher e no homem [15]
- Figura 19 - Perdas de audição para exposição a um ruído de 95 dB [15]
- Figura 20 – Equipamento de medição
- Figura 21 - Imagem Tecelagem – Teares Circulares
- Figura 22 – Imagem Tecelagem – Teares Projétil
- Figura 23 – Imagem Tecelagem – Teares Circulares
- Figura 24 – Imagem Bobinadeiras
- Figura 25 – Imagem Fiação – Cardas
- Figura 26 – Imagem Fiação – Open-End
- Figura 27 – Protector auditivo Marca – E.A.R. – Modelo EARSOFT
- Figura 28 – Protector auditivo Marca 3M – Modelo 1435
- Figura 29 – Protector auditivo Marca 3M – Modelo 1271
- Figura 30 - Protector auditivo Marca MODEP – Modelo RUN-RUN II
- Figura 31 - Protector auditivo Marca E.A.R. – ULTRAFIT

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – As ponderações (A) para cada oitava

Tabela 2 – Ponderação em função da aplicabilidade

Tabela 3 – Classificação da perda auditiva

Tabela 4 – Perdas de audição com o tempo de exposição

Tabela 5 – Lista de incapacidades resultantes da exposição dos trabalhadores e agentes nocivos

Tabela 6 – Limite de exposição ocupacional ao ruído conforme as Normas Nacionais de diversos países [35]

Tabela 7 – Alterações legislativas face à revogação do Decreto Regulamentar 9/92

Tabela 8 – Valores limite de exposição e valores limite de acção

Tabela 9 – Estratégias de medição para o ruído laboral

Tabela 10 – A contribuição da incerteza baseado no método da tarefa

Tabela 11 – Incerteza padrão μ_2 do equipamento utilizado

Tabela 12 – Dados de caracterização da amostra

Tabela 13 – Valores de $L_{Aeq,Te}$ e L_{Cpico} , resultantes da avaliação do nível de ruído efectuada às máquinas /equipamentos de trabalho

Tabela 14 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 1

Tabela 15 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 2

Tabela 16 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 3

Tabela 17 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 4

Tabela 18 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 5

Tabela 19 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 6

Tabela 20 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com os níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 7

Tabela 21 – Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca E.A.R. – Modelo EARSOFT

Tabela 22 – Características técnicas do protector auricular, tipo abafador, Marca 3M – Modelo 1435

Tabela 23 – Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca 3M – Modelo 1271

Tabela 24 – Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca MODEP – RUN-RUN II

Tabela 25 – Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca E.A.R – Modelo ULTRAFIT

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 1

Gráfico 2- % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 2

Gráfico 3- % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 3

Gráfico 4- % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 4

Gráfico 5- % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 5

Gráfico 6- % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 6

Gráfico 7- % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído, empresa 7

SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES

SIGLA	SIGNIFICADO
ACT	Autoridade para as Condições de Trabalho
dB	Decibel
dB(A)	Decibel A (com ponderação do filtro A)
DGS	Direcção Geral de Saúde
EPI's	Equipamentos de Protecção Individual
EU	União Europeia
Hz	Hertz
ISO	International Standardization Organisation
K	Graus Kelvin
kPa	Kilopascal
L_{Aeq, T_e}	Nível sonoro contínuo equivalente - corresponde ao nível sonoro contínuo equivalente ponderado A de um ruído num intervalo de tempo T_e , é expresso em dB (A)
L_{Cpico}	Nível de pressão sonora de pico - valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C)
$\bar{L}_{EX, 8h}$	Média semanal dos valores diários da exposição de um trabalhador ao ruído durante o trabalho
$L_{Ex, 8h, effect}$	Estimativa da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o trabalho. Se, durante um dia de trabalho, um trabalhador esta exposto a n diferentes tipos de ruído, e se, para efeito de avaliação, cada um desses ruídos foi analisado separadamente, a exposição pessoal diária desse trabalhador ao ruído durante o trabalho
$L_{Ex, 8h}$	Exposição pessoal diária ao ruído – o nível de ruído sonoro equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de

SIGLA	SIGNIFICADO
	trabalho diário de oito horas (T_0), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB (A)
$L_{pAeq,T,m}$	O nível de pressão sonora equivalente contínuo, de ponderação A, para a tarefa m é calculado a partir de medições separadas $L_{pAeq,T,m1}$, $L_{pAeq,T,m2}$, ..., $L_{pAeq,T,mi}$
OMS	Organização Mundial de Saúde
PTN	Condições normais de pressão e temperatura

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O ruído é considerado um incómodo para o trabalho e para as comunicações verbais e sonoras. Pode provocar fadiga auditiva e, em casos extremos, surdez (devido a lesões irreversíveis do ouvido interno) para além de diversas alterações fisiológicas.

Um em cada cinco trabalhadores europeus tem de erguer a voz para se fazer ouvir durante, pelo menos, metade do tempo que passa no trabalho, e 7% dos trabalhadores europeus sofrem de dificuldades auditivas relacionadas com o trabalho. A perda de audição induzida pelo ruído é a doença profissional mais comum na E.U. [1].

Ao longo dos anos, conformes resultados obtidos em Inquéritos Europeus às Condições de Trabalho, existem cada vez mais trabalhadores europeus onde a sua saúde é posta em risco pelo trabalho que executam [2].

Também segundo nesses mesmos inquéritos os trabalhadores europeus nunca usam equipamento de protecção individual, são em pequeno relevo os que usam os Equipamentos de Protecção Individual em cerca de metade ou mais do horário normal de trabalho [2].

A existência de níveis significativos de ruído em ambiente de trabalho continua a ser um dos factores perturbadores com maior repercussão nas condições de trabalho e, em grande parte das situações, no resultado da actividade produtiva. Com efeito, num vasto leque de actividades, lidamos com processos produtivos em que a produção de ruído é inevitável, podendo, no entanto, controlar-se os seus níveis dentro de parâmetros razoáveis, de forma a não expor as pessoas a riscos indesejáveis e a contribuir para um ambiente laboral mais propício a um bom desempenho humano.

1.1 Objectivos

O presente trabalho pretende avaliar de que forma a legislação nacional aplicável em termos de ruído ocupacional, se encontra a ser cumprida nas nossas Pequenas e Médias Empresas, PME'S. Tendo em conta um estudo realizado com base em dados recolhidos em empresas de Têxtil e Vestuário.

Foram recolhidos dados em 7 empresas com localização no VALE DO AVE, abrangendo os concelhos de Guimarães, Barcelos e Vila Nova de Famalicão.

A estrutura empresarial, sobre a qual recaiu a recolha de dados, é caracterizada por PME's, sendo que na grande maioria são empresas de muito pequena dimensão. Este tipo de empresas revela grandes dificuldades, quer a nível técnico, quer relativamente à implementação de regras de Boas de Segurança e Higiene do Trabalho.

Este estudo foi desenvolvido durante cerca de 2 anos, com a observação das práticas reais de trabalho, onde os trabalhadores, mesmo desempenhando idênticas funções em locais comuns, têm concepções distintas sobre os riscos a que se encontram expostos. No caso da exposição ocupacional ao ruído, essas discrepâncias são ainda mais evidentes. Assim, é frequente encontrarmos trabalhadores partilhando o mesmo posto de trabalho, contudo, divergindo sobre a forma como encaram o risco de exposição ao ruído, ou quando muito, a forma como pensam que este os afecta. Estas mesmas diferenças são notadas ao nível da utilização da protecção individual auditiva.

Assim é objectivo deste trabalho no tocante à exposição ao ruído, analisar/avaliar quantitativas de factores centrais, tais como, os níveis de pressão sonora a que os trabalhadores estão expostos.

1.2 Reconhecimento do ruído como um risco para a saúde

O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral [3] e, em casos extremos, trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas.

O ruído é, pois, um som indesejado e incómodo [4]. Esta é de facto a definição mais simples do ruído. Mas coloca-se a seguinte questão: indesejado e incómodo para quem?

O adolescente, que vemos, frequentemente, com auscultadores ou com um rádio ao ombro, gosta e vibra com os sons que ouve, embora outros se sintam incomodados com estes mesmos sons. Os técnicos de aeronáutica gostarão de ouvir o som intenso das turbinas de um avião a jacto em plena aceleração, o que não acontecerá certamente com os moradores em áreas por ele sobrevoadas.

É geralmente aceite que a percepção individual do ruído depende das características do mesmo, isto é, da intensidade, do espectro e da frequência com que ocorre. Até certo ponto, são factores como a idade do indivíduo, o seu estado emocional, os gostos, as crenças ou o modo de vida que determinam o grau de incomodidade do ruído.

A exposição ao ruído não é um risco recente. Antes mesmo da revolução industrial, embora em pequeno número, já existiam pessoas expostas a ruído elevado nos seus postos de trabalho. O advento da máquina a vapor, conjuntamente com a revolução industrial, veio despertar o interesse para o estudo do ruído como um factor de risco ocupacional. Os trabalhadores que nessa época fabricavam caldeiras a vapor contraíam perdas auditivas em tal extensão que a patologia associada foi então designada como «doença dos caldeireiros».

A crescente mecanização em todas as indústrias e actividades económicas tem vindo a agravar o problema do ruído. Até muito recentemente este era encarado como um indicador de industrialização, ou seja, as sociedades «silenciosas» primavam pelo pouco desenvolvimento, ao contrário das sociedades «ruidosas», que possuíam as maiores e mais potentes máquinas, logo maior desenvolvimento industrial [36]. Contudo, nos últimos anos o ruído industrial foi-se metamorfoseando numa necessidade de silêncio, considerando-se que a existência de ambientes silenciosos não era um luxo, mas uma necessidade crescente, quer nos locais de trabalho, quer fora destes.

CAPÍTULO II
ACÚSTICA – CONCEITOS GERAIS

2. ACÚSTICA: CONCEITOS GERAIS

2.1 O que é o som?

A palavra som deriva da palavra latina “sonu”, que significa tudo que impressiona o ouvido, e de um ponto de vista fisiológico é esta a definição de som. A definição de som de um ponto de vista físico é um pouco mais complexa, tratando-se o som essencialmente de uma onda longitudinal¹ de compressão e rarefação de um dado meio, provocada pela vibração de um corpo.

2.2 Princípios físicos fundamentais do som:

Tratando-se o som de uma perturbação periódica, cada onda sonora possui uma série de características próprias deste tipo de perturbações:

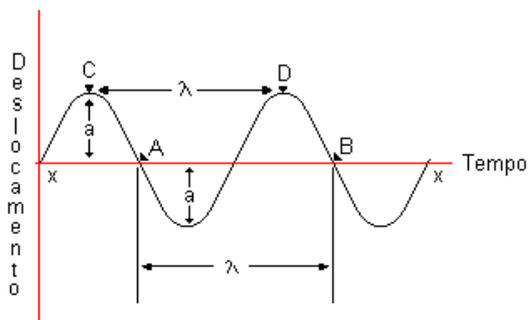


Figura 1 - Representação Esquemática de uma onda [6]
Conforme PENNA (1988) e EFRON (1969), a distância do ponto A (que indica um deslocamento de zero) ao ponto B (que também indica o mesmo deslocamento) é denominada de comprimento de onda, podendo, também, ser identificado pelo símbolo grego. O comprimento de onda também pode ser medido desde o centro do deslocamento máximo C até o centro do deslocamento máximo mais próximo D, ou, ainda, segundo EFRON, de qualquer outro ponto do espaço perturbado até o ponto seguinte de igual perturbação [6].

Amplitude (A) é o máximo deslocamento da partícula vibrante em relação à posição de equilíbrio.

Comprimento de Onda (λ) é a distância mínima entre dois pontos idênticos numa onda, $\lambda = c/f$.

Período (T) corresponde ao tempo necessário para que a onda percorra uma distância igual a um comprimento de onda, $T = \lambda/v$.

Velocidade de Propagação (c) velocidade com que a onda se propaga no meio, $c = \lambda / T = \lambda f$.

Frequência (f) é a taxa de repetição do movimento, isto é, o número de vibrações completas por unidade de tempo, $F = 1 / T$.

Um hertz corresponde a uma vibração completa (ou ciclo) por segundo.

Frequência Angular (rad/s) $\omega = 2 \pi f$.

¹ Nos meios sólidos, as ondas sonoras também possuem uma componente transversal

Encarando as ondas sonoras com base em variações de pressão no espaço e no tempo², a equação de onda de uma onda sonora é [5]:

$$\nabla^2 p - \frac{1}{c_o^2} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0 \quad \text{Equação 1.1}$$

onde p representa a pressão, c_0 a velocidade do som e t o tempo.

2.3 Velocidade do Som:

Existem várias fórmulas para determinar a velocidade do som, no entanto é visível em todas elas que a velocidade do som num dado meio é uma característica do próprio meio em que o som se propaga. A expressão mais geral para calcular a velocidade do som é [7], [8]:

$$c_0 = \frac{\sqrt{B}}{\rho_0} \quad \text{Equação 1.2}$$

em que B é o módulo de compressibilidade do meio e ρ_0 a densidade em equilíbrio do meio de propagação. No caso de o meio ser um meio gasoso, o módulo de compressibilidade é dado por [7], [8]:

$$B = \frac{-\Delta p}{\left(\frac{\Delta V}{V}\right)} \quad \text{Equação 1.3}$$

onde Δp é a variação de pressão no meio, ΔV é a variação de volume do meio e V é o volume do meio em equilíbrio. O módulo de compressibilidade é uma característica do meio.

Para o caso da propagação do som num gás ideal pode ser obtida a seguinte expressão para a velocidade do som [5]:

$$c_0 = \sqrt{\frac{\kappa p_0}{\rho_0}} \quad \text{Equação 1.4}$$

sendo κ o quociente entre o calor específico a pressão constante e o calor específico a volume constante $\kappa = C_p/C_v$ e p_0 a pressão em equilíbrio que é característica do meio.

A velocidade do som no ar nas condições PTN³ é de 344 m/s.

² É possível considerar as ondas sonoras com base na variação de outros parâmetros no espaço e no tempo, por exemplo densidade, massa ou velocidade das partículas do meio.

³ Pressão e Temperaturas Normais – 1,013 x10⁵ Pa e 20° C

2.4 Propagação do Som

O estudo da forma como o som se propaga em diferentes meios, assim como a transição entre diferentes meios, são situações de alguma importância no âmbito deste trabalho.

Uma característica importante no que diz respeito à propagação do som num determinado meio é a impedância acústica, que define a facilidade com que o som se propaga num dado meio e é dada, para ondas planas, pela seguinte expressão [5]:

$$Z = \rho_0 \cdot c_0 \quad \text{Equação 1.5}$$

onde ρ_0 é a densidade do meio em equilíbrio e c_0 a velocidade do som nesse meio.

Se considerarmos ondas com simetria esférica⁴ é necessário utilizar outra expressão que se encontra deduzida em [5].

É também importante entender o que acontece quando uma onda sonora atravessa do meio I para o meio II, com $Z_I \neq Z_{II}$, de acordo com o esquema seguinte:

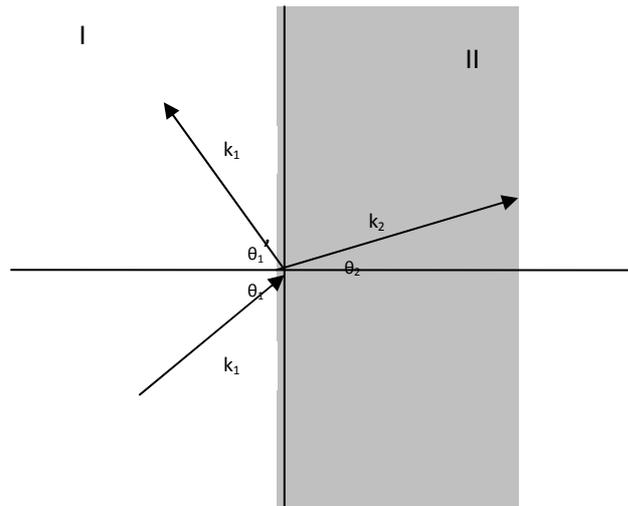


Figura 2 - Reflexão e Refração na interface de dois meios [5]

onde $k_1 = \frac{\omega}{c_1}$ e $k_2 = \frac{\omega}{c_2}$ e θ_1, θ_2 os ângulos entre k e o plano de incidência.

É possível mostrar [5], que as Leis de Snell são válidas para o caso de ondas sonoras, portanto:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{c_2}{c_1} \quad \text{Equação 1.6}$$

Os coeficientes de reflexão e transmissão podem ser obtidos pelas expressões [9]:

⁴ É necessário considerar o som como uma onda de simetria esférica quando $r \approx \lambda$, sendo r a distância da fonte e λ o comprimento de onda.

$$R = \frac{Z_2 \sec \theta_2 - Z_1 \sec \theta_1}{Z_2 \sec \theta_2 + Z_1 \sec \theta_1} \text{ e } T = \frac{2Z_2 \sec \theta_2}{Z_2 \sec \theta_2 + Z_1 \sec \theta_1} \quad \text{Equação 1.7}$$

Outro factor importante no que diz respeito à propagação sonora, é a absorção sonora por parte do meio no qual o som se propaga. A absorção sonora num fluido pode ser expressa por um coeficiente de atenuação sonora que se define pela expressão seguinte, onde p_i é a pressão sonora inicial e p_r a pressão sonora à distância r da fonte: [10]

$$\alpha = \frac{10}{r} \lg \left(\frac{p_i^2}{p_r^2} \right) \quad \text{Equação 1.8}$$

A absorção sonora num fluido tem como principais responsáveis a energia dissipada pela fricção entre as moléculas que compõe o fluido (absorção clássica), e a absorção resultante de processos relacionados com a excitação roto-vibracional das moléculas que compõe o meio, moléculas essas que podem reemitir a energia absorvida podendo então interferir com as ondas sonoras. [11]

Interessa principalmente o estudo da propagação sonora na atmosfera, e tendo em conta o que já foi referido relacionado com a absorção sonora num fluido, o coeficiente de absorção para o ar, para um dado som pode ser dado em função da temperatura T (em Kelvin) e da frequência do som f (em Hertz), pela expressão: [10]

$$\alpha = 869 \cdot f^2 \cdot \left\{ 1.84 \cdot 10^{-11} \cdot \left(\frac{T}{T_0} \right) + \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-5/2} \cdot \left[0.01275 \cdot \frac{e^{-2239.1/T}}{F_{r,O} + f^2/F_{r,O}} + 0.1068 \frac{e^{-3352/T}}{F_{r,N} + f^2/F_{r,N}} \right] \right\}$$

Equação 1.9

onde sendo h a concentração molar de vapor de água (%):

$$F_{r,O} = 24 + 4.04 \cdot 10^4 h \cdot \frac{0.02 + h}{0.391 + h} \quad \text{e} \quad F_{r,N} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-1/2} \cdot \left(9 + 280he^{\left\{ -4.17 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-1/3} - 1 \right\}} \right)$$

Equação 1.10

são as frequências de relaxação do oxigénio e do azoto, e T_0 é a temperatura de referência, 293.15°K. A concentração molar de vapor de água pode ser obtida a partir da humidade relativa (h_r), pela seguinte expressão[10]:

$$h = h_r \cdot 10^{-6.8346 \left(\frac{273.16}{T} \right) + 4.6151} \cdot \left(\frac{p_a}{p_r} \right) \quad \text{Equação 1.11}$$

onde p_a é a pressão ambiente em kilopascal (kPa) e p_{ref} é a pressão de referência, 101.325 kPa.

Na equação 1.7, pode-se ver que os gases que principalmente contribuem para a absorção sonora na atmosfera são o oxigênio e o azoto. Pode-se concluir também que para além da dependência da absorção sonora com a frequência do som, existe também dependência com as condições meteorológicas, humidade relativa, temperatura e pressão ambiente.

2.5 Intensidade Acústica:

A energia de uma onda sonora, é de certa forma a energia das partículas que compõe o meio de propagação, quando atravessadas pela onda sonora. Essa energia depende então logicamente das energias potenciais e cinéticas das partículas que compõe o meio.

Para conhecer a energia transportada por uma onda sonora pode-se utilizar a intensidade acústica [5]. A intensidade acústica de uma onda plana representa a energia que atravessa uma unidade de área, por unidade de tempo e é dada pela expressão:

$$I = \frac{P_{rms}^2}{\rho_o c_0} \quad \text{Equação 1.12}$$

a dedução desta expressão, assim como a expressão correspondente para ondas com simetria esférica pode ser encontrada na referência [5].

Importa referir que p_{rms}^2 tem uma amplitude de valores muito grande, dessa forma e pela mesma razão que é conveniente definir L_p , também é conveniente definir L_I como:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} \quad \text{Equação 1.13}$$

sendo $I_{ref}=10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$, que é o valor de I para o ar nas condições PTN e de p_{ref}^2 . É simples relacionar L_p com L_I [5] e obtém-se a seguinte relação:

$$L_p = L_I + 10 \log \rho_o c_0 \frac{I_{ref}}{P_{ref}} \quad \text{Equação 1.14}$$

ou seja,

$$L_p = L_I + \gamma \quad \text{Equação 1.15}$$

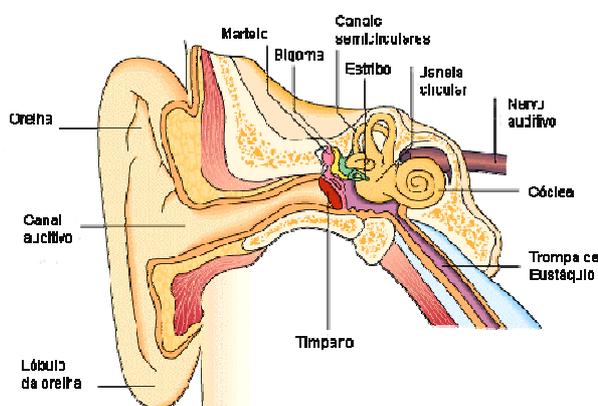
sendo γ uma constante que depende do meio onde o som se propaga. Para o ar nas condições PTN $\gamma=0.14$, diminuindo para maiores temperaturas, sendo portanto desprezável na maior parte dos casos práticos.

Em situações em que seja necessário considerar ondas de simetria esférica, é conveniente definir outra grandeza L_w , que é o equivalente a L_I . Não está no âmbito deste trabalho entrar neste tipo de detalhes, no entanto mais informação pode ser consultada na referência [5].

2.6 Anatomia e Fisiologia da Audição

O ouvido é o órgão humano que permite a recepção de sons. Trata-se essencialmente de um transdutor, ou seja um mecanismo que transforma ondas sonoras (mecânicas), em impulsos eléctricos. É dividido em três partes, o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno [12].

O esquema seguinte apresenta a constituição do ouvido:



Ouvido Externo:

- Orelha
- Canal auditivo
- Tímpano

Ouvido Médio:

- Martelo
- Bigorna
- Estribo
- Janela oval
- Trompa de Eustáquio [13].

Figura 3 - Estrutura do ouvido, [13]

Sob o ponto de vista anatómico o órgão da audição, ou ouvido, divide-se em três partes distintas:

- **OUVIDO EXTERNO:**

O ouvido externo é constituído fundamentalmente em três partes, a orelha, o canal auditivo e o tímpano.

A função da orelha e do canal auditivo é essencialmente recolher e concentrar as ondas sonoras, no tímpano. O tímpano é uma membrana com bastante elasticidade, que tem como função receber as ondas sonoras. A posição do tímpano em relação ao canal auditivo é oblíqua, de forma a proporcionar uma superfície maior para receber as vibrações do que se fosse perpendicular.

- **OUVIDO MÉDIO:**

O ouvido médio é constituído por um conjunto de membranas e ossos que transportam e ampliam as vibrações provocadas no tímpano até ao ouvido interno.

Existem no ouvido médio três ossos articulados entre si, e que estão ligados ao tímpano, e que formam um sistema de alavancas que amplia as vibrações do tímpano, para que possam ser detectadas pelo ouvido interno. Esses três ossos são designados por Martelo, Bigorna e Estribo.

Também faz parte do ouvido médio a Trompa de Eustáquio, que comunicando com a garganta, regula as pressões dos dois lados do tímpano para que estejam em equilíbrio.

- **OUVIDO INTERNO:**

O ouvido interno possui dois sistemas: um deles é o de audição, a cóclea, o outro é o sistema de equilíbrio.

A comunicação com o ouvido médio é feita através da Janela oval e da Janela redonda. É composto pela cóclea e por cerca de 20.000 nervos auditivos.

As vibrações são transmitidas desde o tímpano, e através dos três ossos ao líquido (Língua) existente na cóclea, esse líquido vai então transmitir as vibrações aos nervos auditivos. Os nervos auditivos são de vários tamanhos, tendo portanto frequências características de oscilação diferentes, dessa forma só alguns nervos auditivos é que oscilam para cada vibração recebida pelo tímpano. A vibração desses nervos auditivos vai originar sinais eléctricos que são transmitidos ao cérebro [13].

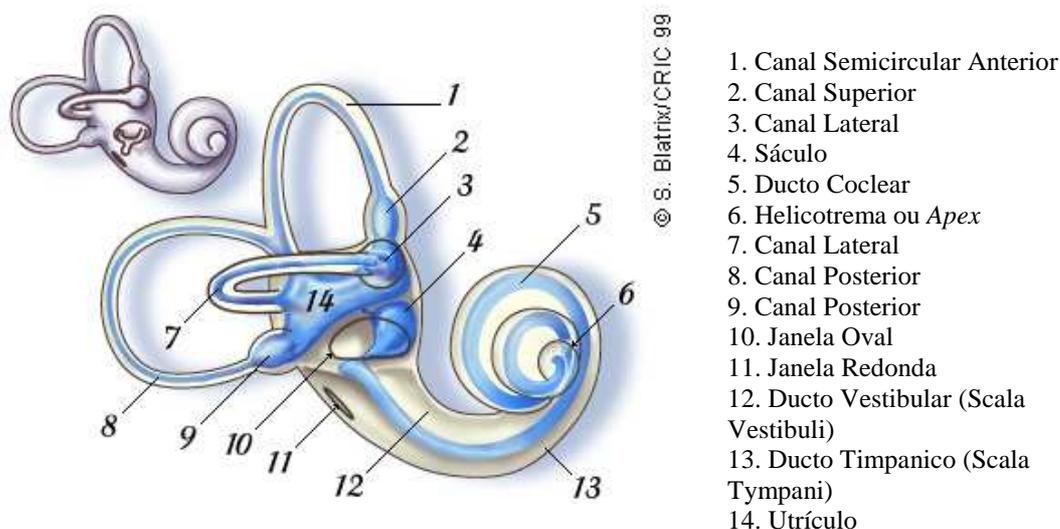


Figura 4 - Estrutura do ouvido interno [30]

A cóclea é uma estrutura altamente especializada como órgão receptor de sons. Tem a forma de um canal de paredes ósseas enrolado em forma de espiral. No seu interior existe uma proporção membranosa que assume a forma de um triângulo, quando vista em corte transversal. Na figura 4, pode ver-se o labirinto ósseo, representado numa estrutura transparente de forma a poder ser visualizado o labirinto membranoso.

Os sons agudos geram ondas que atingem o máximo de vibração na base da cóclea, ao passo que os sons graves atingem o máximo no seu topo.

O influxo nervoso é posteriormente levado pelo nervo coclear até ao córtex cerebral, onde se torna consciente.

Em resumo, uma alteração vibratória da pressão sobre a membrana timpânica é transmitida pelos ossículos ao líquido do ouvido interno através da janela oval. As vibrações propagam-se, então, à membrana basilar, produzindo esforços transversais nas células ciliadas do órgão de Corti. Estes esforços culminam na transmissão nervosa ao cérebro através de potenciais de acção.

2.7 Percepção do som:

Nos pontos anteriores foi referida, ainda que de forma muito resumida, o que é o som, a forma como se propaga e a forma como o ser humano o recebe, neste ponto é pretendido referir alguns aspectos relacionados com a percepção que temos dele. A percepção do som por parte do ser humano, esta relacionada não só como o som é processado a nível do ouvido, mas também a nível do cérebro e para o seu estudo vai ser necessário recorrer a leis psico-físicas, que são leis que relacionam fenómenos físicos com a percepção que deles temos.

2.7.1 Níveis de audibilidade e sonoridade do som:

A audibilidade de um som está relacionada com a sensibilidade que possuímos a um dado som, e essa sensibilidade depende da sua frequência. Pode-se observar esta dependência da audibilidade com a frequência, na figura 5 seguinte:

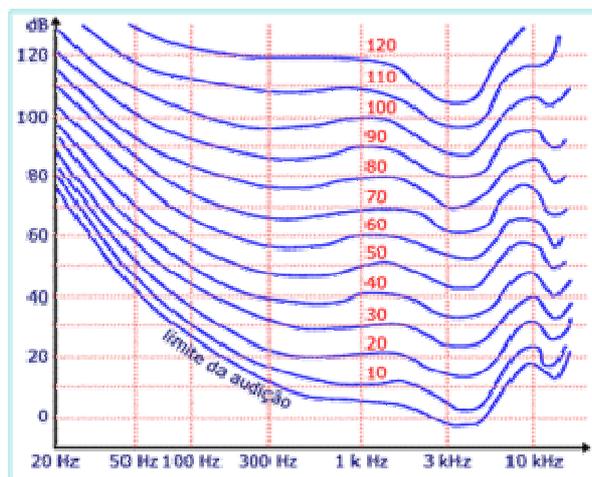


Figura 5 - Curvas de igual audibilidade ou curvas de Fletcher-Munson [5]

As curvas presentes na figura ligam pontos de igual nível de audibilidade (L_N), sendo a audibilidade uma grandeza expressa em fones e que corresponde à comparação de L_I a uma qualquer frequência com L_I a uma frequência de 1KHz, sendo para 1KHz $L_N = L_I$. Por exemplo um som a uma frequência de 40 Hz com $L_I = 90\text{dB}$ tem um nível de audibilidade L_N de 70 fones [12]. As curvas presentes na Figura 4 foram obtidas experimentalmente na década de 50 e relacionam sons de frequências e intensidades diferentes, mas audíveis da mesma forma. É de salientar que estas curvas presentes na figura 5, são as curvas adoptadas pela International Standardization Organisation (ISO), mas são variáveis de pessoa para pessoa.

Com dois sons com o mesmo nível de audibilidade, podemos concluir que são audíveis da mesma forma. Mas isto não permite concluir acerca da proporcionalidade entre o nível de audibilidade e a percepção subjectiva que temos do som, que se designa por nível de sonoridade N . A sonoridade é independente da frequência e $N=1$ é definido para 40 fones. Uma sonoridade de $N=18$ é duas vezes mais audível que uma sonoridade de $N=9$, a sonoridade é portanto uma medida da “sensação” que o som nos provoca, independentemente das suas características. A relação entre sonoridade e o nível de audibilidade foi obtida experimentalmente e é dada pela relação:

$$N = 0.046 \cdot 10^{L_N/30} \quad \text{Equação 1.16}$$

É possível relacionar a sonoridade com a intensidade de um dado som [5], pela relação físico-psicológica:

$$N = c \cdot I^K \quad \text{Equação 1.17}$$

sendo c um parâmetro ajustável, e $K < 1$ ⁵. Neste caso e quando é feito um gráfico de N em função de I , o gráfico aproxima-se de uma curva logarítmica de L_I em função de I , este facto levou que o físico alemão Fechner durante o ano de 1860 tivesse postulado a seguinte relação que hoje sabemos incorrecta:

$$N \approx 10 \log(I) + \text{const} \quad (\text{incorrecta})$$

Esta relação que hoje sabemos errada esteve na origem da introdução da escala em dB na medição sonora, uma vez que se pensava que era proporcional à percepção que temos do som.

2.7.2 Bandas de oitava e tons:

A percepção do som por parte do ser humano não apresenta características próprias apenas no que diz respeito à percepção das intensidades, apresenta também características interessantes na percepção das frequências.

Como já foi referido anteriormente um som é composto por várias frequências (tons). Sabemos da mecânica [8] que a soma de dois sinais de frequências f_1 e f_2 exhibe batimentos com a frequência $|f_2 - f_1|$. No entanto o cérebro humano só tem a percepção

de sons em que o quociente entre as duas frequências f_1/f_2 é o quociente entre dois inteiros, e sendo mais perceptível para menores inteiros.

Definindo uma oitava pela razão $f_1/f_2 = 2/1$, tomando as razões $f_1/f_2 = 2^{1/3}$ e $f_1/f_2 = 2^{1/10}$ como um terço de oitava e um décimo de oitava, respectivamente e sendo o centro de cada banda de oitava dado pela expressão: $f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$, torna-se conveniente devido às características da percepção do som, apresentar o histograma de um dado som, em oitavas e com subdivisões geralmente de um terço de oitava.

As frequências do centro de cada banda de oitava que são convencionadas, e geralmente utilizadas são: 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 e 16000 Hz. Para determinar o nível total de pressão sonora, é medido o nível de pressão sonora (L_p) de

⁵ Esta relação é válida para outros fenómenos variando c e K , como por exemplo choques eléctricos [5].

para cada oitava, ou de alguma subdivisão, e utilizada a expressão 1.18 para o caso de mais do que duas fontes. [5], [12]:

$$L_p = 10 \log \left(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} \right) \quad \text{Equação 1.18}$$

sendo L_I dado por uma expressão similar. A expressão mantém-se para mais fontes sonoras.

A representação de um dado som em termos de bandas de oitava apresenta também algumas desvantagens. As medições em bandas de oitava não permitem a observação de tons, sendo os tons sons de uma mono frequência [12]. A contribuição de um tom vai aumentar a intensidade atribuída a uma oitava que inclua a frequência do tom, no entanto a sua presença não pode ser facilmente verificada a partir da visualização do histograma [5].

2.7.3 Escala em dB com ponderação A :

Como já foi referido no ponto 2.6, a sensibilidade do ouvido humano não é a mesma para todas as frequências. Desta forma não teria sentido que quando é pretendido medir por exemplo um nível de ruído, todos os níveis de pressão para as diferentes bandas de oitava possuam a mesma ponderação quando se aplica a expressão 1.18 [5]. Desta forma é conveniente efectuar ponderações aos níveis de pressão obtidos para cada banda de oitava. Essas ponderações podem ser efectuadas com base nas curvas de Fletcher-Munson (Figura 5) [5], [14]. As ponderações para cada oitava estão presentes na tabela 1, seguinte:

Frequência Ponderação (ΔA) (dB)	
16	-56.7
31.5	-39.4
63	-26.2
125	-16.1
250	- 8.6
500	- 3.2
1000	0
2000	1.2
4000	1.0

Frequência Ponderação (ΔA) (dB)	
8000	- 1.1
16000	- 6.6

Tabela 1 - As ponderações (A) para cada oitava

Estas correções são somadas ao valor de L_p obtido para cada banda de oitava, antes de ser aplicada a equação 1.14, dando origem a uma grandeza designada por nível ponderado (A).

Esta escala designada por escala em dB com ponderação A, não está somente relacionada com a sensibilidade do ouvido, como também com a possibilidade de um determinado som provocar danos auditivos e com a inteligibilidade das palavras, desta forma é a escala geralmente utilizada para medir níveis sonoros, no entanto existem escalas com outro tipo de ponderações B, C, D e U, como se pode ver na tabela 2, seguinte: [14]; [12]; [15].

Ponderação	Utilidade
B	Foi criada para modelar a resposta do ouvido humano a intensidades médias, é no entanto hoje pouco utilizada
C	Teve como origem a medição de sons de elevada intensidade, no entanto hoje é utilizada para a avaliação de sons de baixas frequências
D	Útil na análise de ruídos provocados por aviões
U	É a ponderação mais recente e aplica-se para a medição de sons audíveis, na presença de ultra-sons

Tabela 2 – Ponderação em função da aplicabilidade

2.7.4 Curvas de Ponderação

Essas curvas (figura 6) surgiram devido ao facto do ouvido humano não ser igualmente sensível ao som em todo o espectro de frequências. Um ser humano exposto a dois ruídos iguais em intensidade, porém distintos em frequência, terá uma sensação auditiva diferente para cada um deles [16]. Um som de baixa frequência é geralmente menos perceptível do que um de alta frequência.

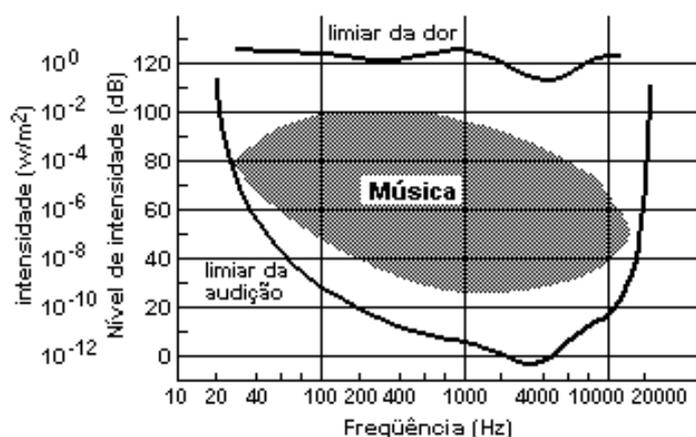


Figura 6 - Curvas de ponderação [16]

Várias curvas foram então propostas na tentativa de se fazer com que os níveis sonoros captados pelos medidores fossem devidamente corrigidos para assemelharem-se à percepção do som pelo ouvido humano. Essas curvas de compensação foram designadas pelas letras **A**, **B**, **C**, **D**, etc.

A curva de compensação A é a mais indicada para estudo dos incómodos provocados pelo ruído, tendo em vista os níveis de pressão sonora e as faixas de frequências predominantes. As curvas de **A** até **D** aparecem no gráfico da figura 7 [16, 17, 12]. De acordo com a curva A, um som de 100 Hz é percebido como 19,1 dB menos intenso do que um som de mesma intensidade de 1000 Hz.

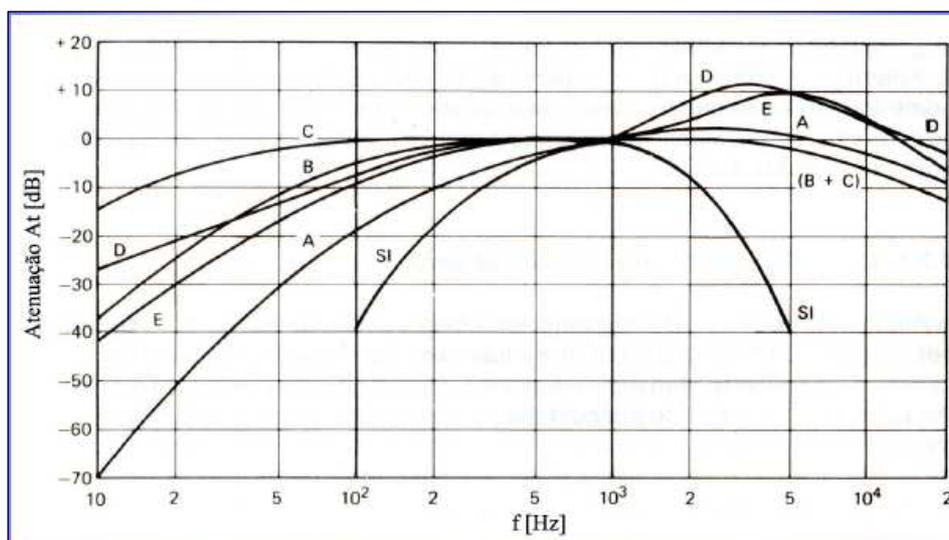


Figura 7 – Curvas de ponderação que simulam a resposta da audição humana [16]

O nível sonoro ponderado pela curva A é dado em dB (A), pela curva B é dado em dB (B) e assim por diante.

Os cálculos da adição e subtração de níveis sonoros e a atenuação pela propagação são igualmente válidos para os níveis sonoros ponderados.

2.8 Ruído

2.8.1 O que é o ruído?

"...Considera-se ruído o conjunto de sons susceptíveis de adquirir para o homem um carácter afectivo desagradável e/ou intolerável, devido sobretudo aos incómodos, à fadiga, à perturbação e não à dor que pode produzir", (Definição CEE, 1977).

"Todos os sons que possam causar a perda de audição ou ser nocivos para a saúde ou perigosos de qualquer forma," (Convenção nº 148 da OIT, 20 Junho de 1977).

Quando uma fonte sonora, como um diapasão, vibra, provoca variações de pressão no ar ambiente, que se sobrepõem à pressão do ar. Comparada com a pressão do ar (em Pascal), a variação da pressão sonora é perceptível pelo ouvido humano na gama de 20mPa a 100 Pa, para um indivíduo médio em plena posse das suas capacidades auditivas [18].

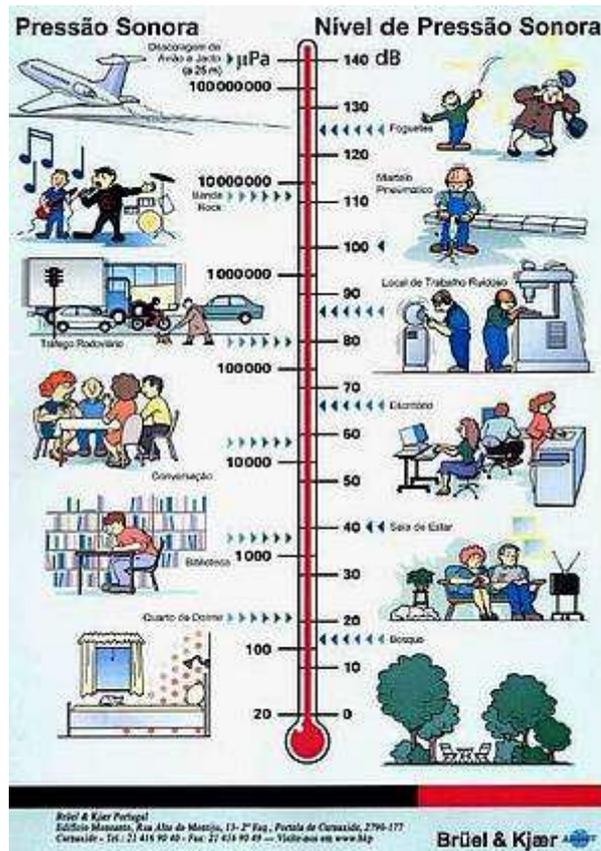


Figura 8 – Escala em decibel [18]

É usual exprimir o nível de pressão sonora em decibel, dB, conforme figura 8. O decibel é uma razão logarítmica entre a pressão sonora verificada e o valor de referência. A escala de valores de nível de pressão sonora varia entre 0 dB (limiar da audição) e 130 dB (limiar da dor).

Há uma maior sensibilidade do ouvido às frequências médias, onde se expressa a voz humana. Para reproduzir essa sensibilidade utiliza-se o decibel corrigido com um filtro de ponderação de frequências, dB (A).

A aritmética do decibel requer cautela, uma vez que não se trata de valores lineares (figura 9). Uma variação de 3 dB (A), por exemplo, é facilmente identificável e corresponde à duplicação da fonte sonora; uma variação de 10 dB (A) é muito considerável, corresponde à multiplicação por 10 de uma mesma fonte sonora.

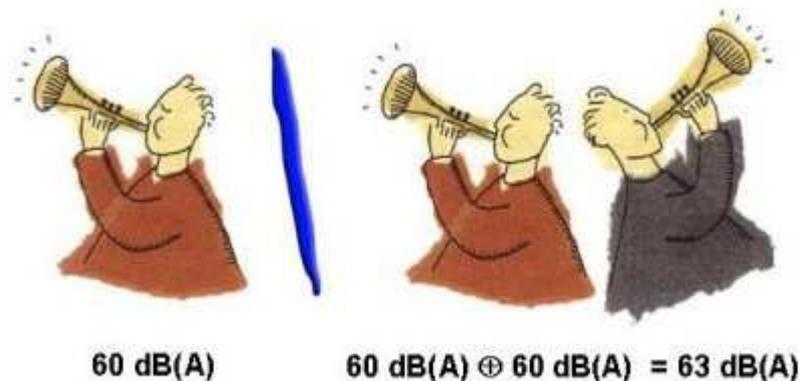


Figura 9 - Logarítmica do decibel [19]

O ruído é uma das principais causas da degradação da qualidade do ambiente urbano. Os transportes são os principais responsáveis, embora o ruído de actividades industriais e comerciais possa assumir relevo em situações pontuais. De acordo com vários estudos efectuados, é reconhecido que, para um mesmo nível sonoro, a percentagem de pessoas incomodadas é mais elevada relativamente ao tráfego aéreo, seguido do rodoviário e por último o ferroviário, conforme figura 10 seguinte [19]:

% de pessoas incomodadas (% I) em função da exposição sonora do edifício (L_{DEN})

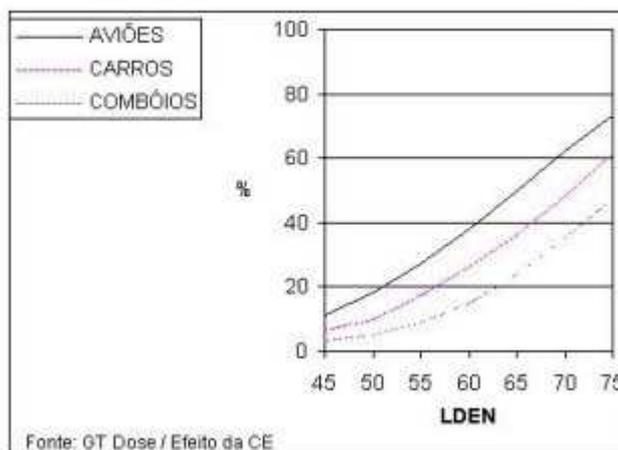


Figura 10 - Incomodidade do ruído [19]

É possível controlar o ruído na fonte, na transmissão e no receptor.

Os níveis sonoros relacionados com o Ruído raramente afectam o sistema auditivo. Os efeitos mais frequentes traduzem-se em perturbações psicológicas ou fisiológicas associadas a reacções de 'stress' e cansaço. O ruído interfere com as comunicações e provoca perturbações no sono, na capacidade de concentração e hipertensão arterial.

O ruído é um problema de saúde pública. O controlo do ruído requer o empenho de todos [19].

2.8.2 Medir o Ruído

O Ruído não é estacionário, varia ao longo do tempo. Assim sendo, quando se pretende, por exemplo, caracterizar o ruído de tráfego rodoviário, uma medição instantânea do seu valor não é suficiente. Apenas uma média, obtida após um tempo de medição adequado, será efectivamente representativa.

Actualmente, o equipamento mais utilizado na caracterização de um ruído é o Sonómetro com análise em frequência. O Sonómetro mede o nível de pressão sonora ponderado A, e permite assim a obtenção de um valor que corresponde à sensação com que o Ser Humano percebe o ruído em análise.

Quando o Sonómetro possibilita a realização de análises em frequência, a avaliação do ruído é ainda mais precisa, já que para além da respectiva amplitude, também a sua “qualidade” fica determinada.

O Sonómetro permite a obtenção de diversos indicadores de ruído:

- instantâneos (SPL);
- médios (L_{Aeq});
- estatísticos ou níveis percentis⁶ (por exemplo: L_{95} , L_{50} , L_{10});
- máximos, mínimos (L_{max} , L_{min}).

A avaliação do ruído é, em geral, efectuada em termos do indicador L_{Aeq} , podendo no entanto, em situações particulares, ser conveniente a utilização do L_{Aeq} em conjunto com outros indicadores.

2.8.3 Como se propaga o ruído?

O ruído diminui com a distância do receptor à fonte sonora, propaga-se até atingir um obstáculo. Perto de um solo absorvente (por exemplo: solo cultivado, floresta) o ruído propaga-se com dificuldade; pelo contrário um solo reflector (por exemplo: calçada, piso asfaltado) facilita a propagação.

⁶ Nível percentil, representado por LN, é o nível de pressão sonora que foi excedido em N% do tempo de medição

Quando o ruído atinge um obstáculo, uma parte é reflectida e a restante é absorvida, dissipando-se sob a forma de calor, sendo, eventualmente, transmitida através do obstáculo.

Obstáculo à propagação do ruído - Para que um ruído não seja audível é necessário impedir a sua propagação. Tal pode ser conseguido através da colocação de obstáculos (os já existentes e/ou os especialmente construídos para o efeito) entre a fonte e o receptor.

Quando interpomos uma superfície no avanço de uma onda sonora, esta divide-se em várias partes: uma quantidade é reflectida, a outra é absorvida e outra atravessa a superfície (transmitida). A figura 11 ilustra um exemplo dessas quantidades.

A quantidade S_i representa o som incidente; S_r - o som reflectido; S_d - o som absorvido pela parede (e transformado em calor) e S_t o som transmitido, conforme exemplo da figura 11 [20].

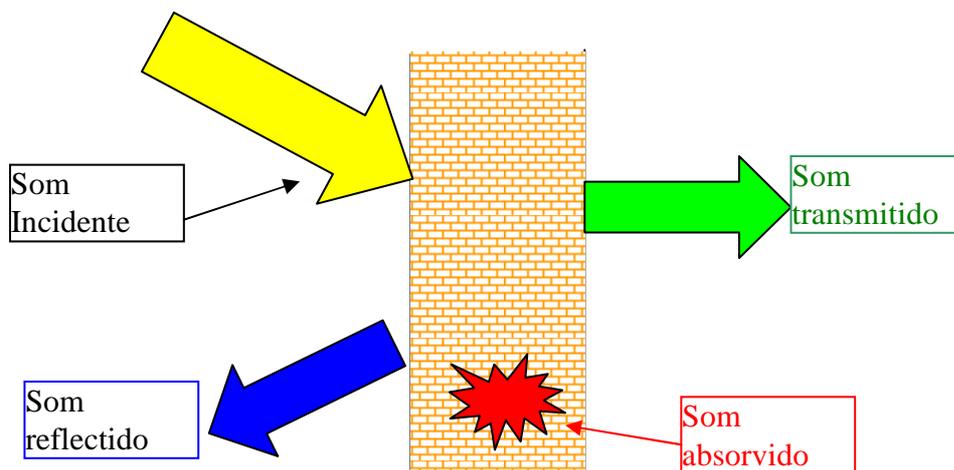


Figura 11 - Esquema da divisão do som ao encontrar um obstáculo [20]

Podemos definir os seguintes coeficientes: [21]

Coeficiente de absorção = a

Coeficiente de reflexão = r

$$a = \frac{\text{energia absorvida}}{\text{energia incidente}}$$

$$r = \frac{\text{energia reflectida}}{\text{energia incidente}}$$

Coeficiente de transmissão = t

$$t = \frac{\text{energia transmitida}}{\text{energia incidente}}$$

Campos de propagação do ruído em espaços fechados, conforme figura 12:

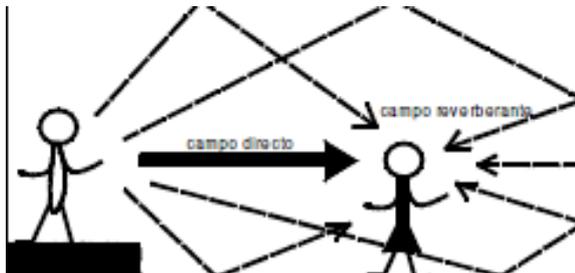


Figura 12 – Propagação do ruído em espaços fechados [21]

Para que se crie uma dada perturbação num meio é necessário gastar energia. Desde que um certo número de ondas seja produzido em cada segundo, deve ser fornecida, em cada segundo, uma certa quantidade de energia. Deste modo a produção contínua de um trem de ondas requer um consumo constante de potência por parte da fonte. A potência é a quantidade total de energia emitida por uma fonte sonora irradiada no ar atmosférico por uma unidade de tempo (j/s ou ω). A maior parte da potência perde-se entre outras razões por atrito, transformando-se em som apenas uma pequena porção.

Campo Livre - Lei do Inverso do Quadrado da Distância

Num campo livre (campo sonoro sem reflexões), durante a propagação do som, duplicar a distância à fonte sonora provoca uma quebra de intensidade pelo factor 4 (6 dB de nível de intensidade sonora), ou seja, a intensidade sonora é inversamente proporcional ao quadrado da distância que medeia entre a fonte sonora e o ponto de observação. A maior parte das fontes sonoras podem ser consideradas como pontuais, sendo que as ondas esféricas são na prática o tipo de ondas mais comuns. Como uma fonte pontual radia em todas as direcções, toda a energia sonora da fonte se espalha sobre superfícies esféricas de raio (r) crescente, à medida que a onda se propaga [21]. Deste modo, podemos encontrar uma relação simples entre a potência sonora P da fonte e a intensidade I numa dada distância r , conforme figura 13:

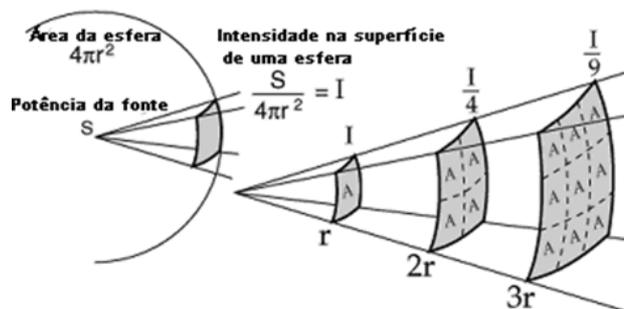


Figura 13 – Lei do universo do quadrado da distância [21]

Num campo livre a relação entre a intensidade da energia acústica e a pressão num dado ponto do espaço é:

- $I = p^2_{rms}/\rho.c$;
- p^2_{rms} – valor eficaz da pressão sonora (Pa);
- c – velocidade de propagação da onda (ms⁻¹);
- ρ – massa volúmica do meio (Kgm³) densidade do meio.

No campo sonoro livre existe distribuição não uniforme da energia sonora no volume da sala, conforme figura 14 [22].

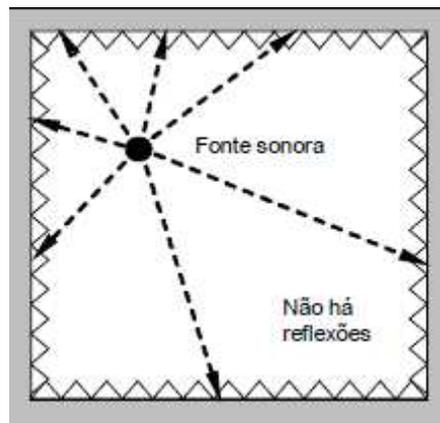


Figura 14 - Câmara anecóica [22]

Campo Difuso

No campo difuso existe a distribuição uniforme da energia sonora no volume da sala, conforme figura 15 [22].

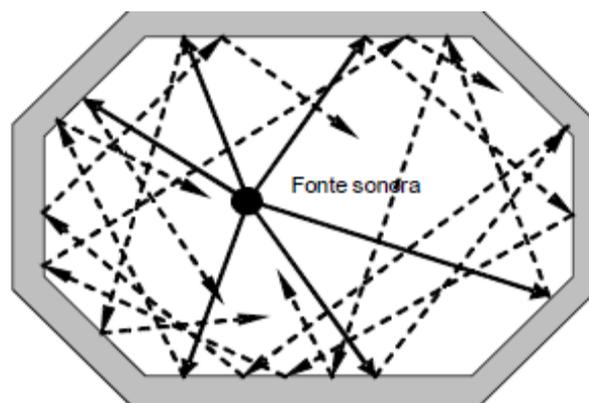


Figura 15 - Câmara reverberante [22]

2.8.4 Consequências ou Efeitos do Ruído

Os ruídos de componentes graves - frequências mais baixas - são os menos perigosos⁷; para níveis superiores a 100 dB actuam sobre os músculos e estômago, podendo provocar vômitos e até síncope.

Os ruídos de médias frequências provocam os mesmos danos mas em maior grau; aos 80 dB já podem causar transtornos digestivos, aumentar a pressão arterial e a pulsação.

O sistema central do homem é muito sensível aos ruídos com frequências altas, os agudos, que podem causar fadiga nervosa e cansaço mental, alterando o sistema neurovegetativo [23].

Quando a exposição a ruído excessivo se mantém durante muito tempo, há uma perda permanente da acuidade auditiva, conforme figura 16 seguinte:

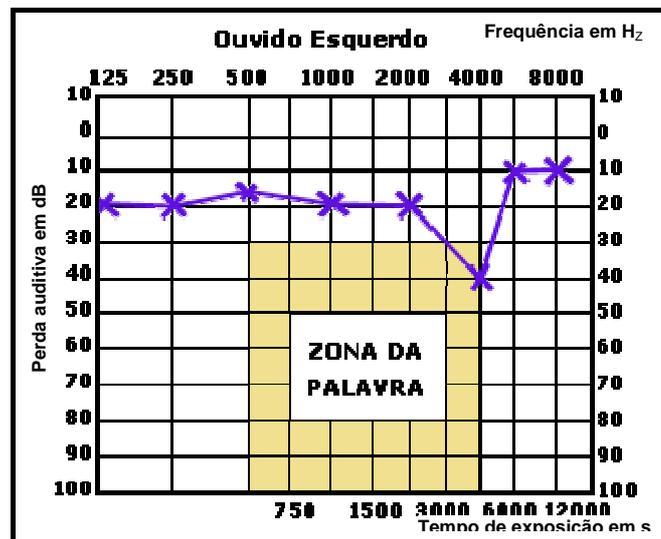


Figura 16 - Audiograma⁸ de um ouvido esquerdo com um entalhe nos 4000Hz [15]

A figura 17 seguinte representa a evolução da surdez profissional, segundo Bell.

⁷ Estudos recentemente divulgados (1999), levados a cabo durante 10 anos por investigadores portugueses indicam que a exposição a ruídos de frequências inferiores a 500 Hz podem originar epilepsia, epilepsia reflexa, cancro (estômago, rins, pulmões e cânceres cerebrais - gliomas). Estas patologias levaram à definição de uma nova doença profissional designada doença vibroacústica.

⁸ Gráfico obtido com a ajuda de um aparelho e que representa a sensibilidade auditiva do paciente, permitindo estudar a evolução da sua acuidade auditiva

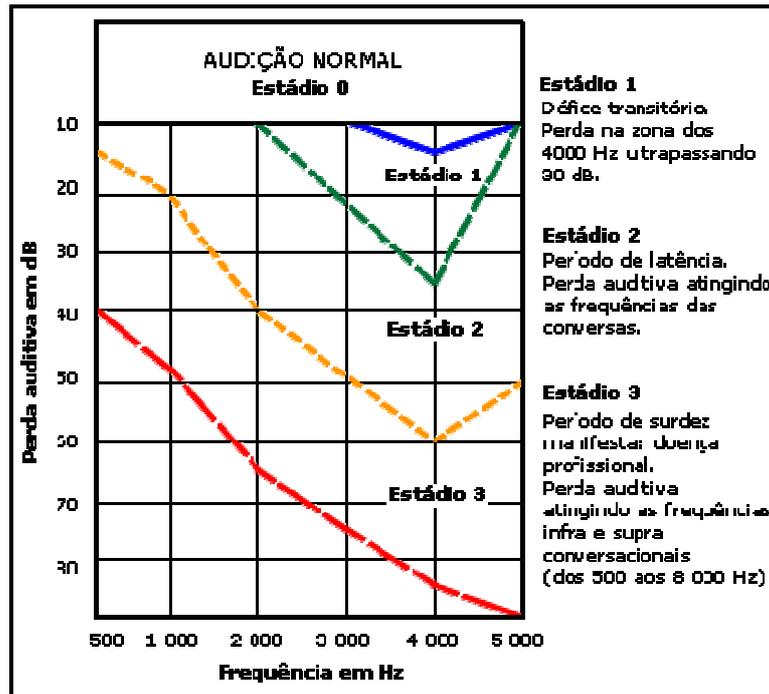


Figura 17 - Evolução da surdez [23]

Como é sabido que, como qualquer outro sentido ou faculdade, mesmo sem acidentes o homem vai perdendo audição com a idade.

Esta perda de audição, normal com a idade chama-se presbiacusia.

A evolução das perdas de sensibilidade auditiva com a idade, no homem e na mulher e para diferentes frequências representa-se na figura 17 [23].

Davis e Silvermann (1978) propuseram uma classificação da perda auditiva, levando em consideração o grau, como tabela 3:

0-25 dB	Audição normal
26-40 dB	Perda auditiva leve
41-70 dB	Perda auditiva moderada
71-90 dB	Perda auditiva severa
Mais de 90 dB	Perda auditiva profunda

Tabela 3 – Classificação da perda auditiva

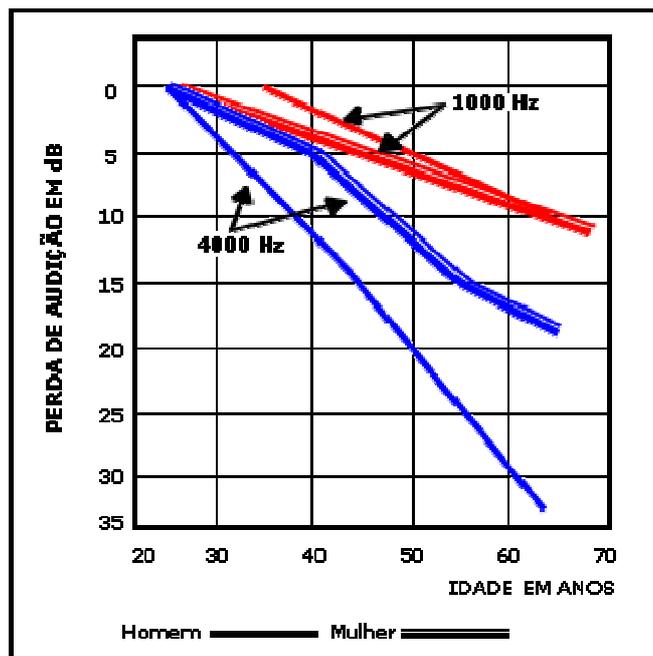


Figura 18 - Perdas de audição normal, na mulher e no homem [15]

O risco de perda de audição define-se, segundo a Norma Portuguesa NP 1733:1981, como a diferença entre a percentagem de pessoas que apresentam diminuição da sua capacidade auditiva de um grupo exposto ao ruído, e a percentagem num grupo não exposto mas em todos os outros aspectos em condições equivalentes.

Para calcular este risco é necessário portanto dispor de dados estatísticos.

Ainda segundo a NP 1733 o risco de perda auditiva, em função dos anos de exposição e do nível sonoro equivalente existente é na tabela 4 seguinte [23].

Nível Sonoro Contínuo Equivalente (dB(A))	Anos de Exposição									
	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	10	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	3	29	23
100	0	12	9	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

Tabela 4 - Perdas de audição com o tempo de exposição

Os seres humanos, quando jovens ouvem sons num intervalo entre os 18 e os 20.000 Hz, embora as frequências mais importantes no relacionamento social sejam as relacionadas com a conversação, entre os 500 e os 2000 Hz, daí que a surdez mais incapacitante seja a que envolve estas últimas frequências.

A surdez devida ao ruído industrial inicia-se geralmente numa frequência ainda pouco incapacitante - 4000Hz - dando oportunidade, caso sejam feitas audiometrias periódicas, detectar os que vão desenvolver a surdez e tomar as devidas providências ainda numa fase não incapacitante.

A susceptibilidade ao ruído é subjectiva. Isto, aliado ao facto de a hipoacusia ter início nas frequências dos 4000 Hz e não ser percebida pelo próprio (atendendo estas frequências não serem utilizadas na conversação), faz com que as audiometrias periódicas sejam extremamente importantes para detectar ainda em fase inicial os mais susceptíveis ao ruído.

Quando a surdez se alarga aos 3000, 2000, e sobretudo aos 1000 e 500Hz, torna-se impeditiva da normal comunicação oral. É por isso que a avaliação da incapacidade de uma hipoacusia leva em consideração a surdez média aos 500, 1000, 2000 e 4000Hz com ponderação superior para os 1000Hz.

Quando a surdez é classificada como de causa profissional é passível de várias formas de compensação, incluindo a compensação monetária a partir dos 35 dB.

O Nível Sonoro Contínuo Equivalente, $L_{Aeq,T}$ é o nível de ruído num intervalo de tempo a que um trabalhador está exposto, com o ar à pressão atmosférica, podendo ou não deslocar-se de um sítio para outro durante o trabalho sem considerar o efeito de qualquer protecção individual que eventualmente utilize [23].

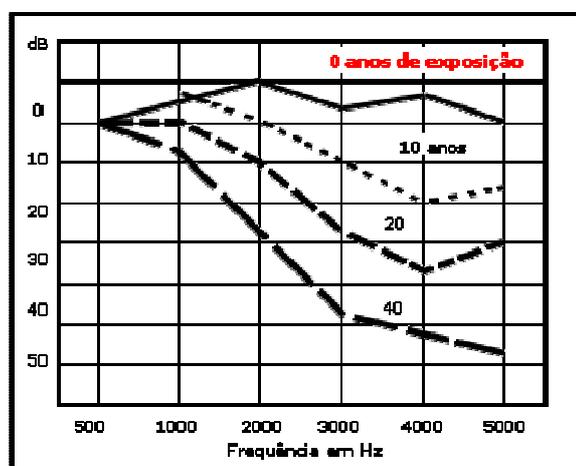


Figura 19 - Perdas de audição para exposição a um ruído de 95 dB [15]

Efeitos de natureza psicológica

Uma das consequências mais conhecidas do ruído é o transtorno do bem-estar psíquico, de que pode resultar:

- irritabilidade
- apatia
- mau humor
- medo
- insónias

Ruído e produtos químicos

Algumas substâncias perigosas são ototóxicas (literalmente, «venenosas para os ouvidos»). Aparentemente, os trabalhadores expostos a algumas destas substâncias e a ruído forte correm mais riscos de vir a ter problemas de audição do que os trabalhadores expostos ao ruído ou a estas substâncias separadamente [24].

Esta sinergia é particularmente notada quando o ruído surge associado a alguns solventes orgânicos, incluindo o tolueno, o estireno e o bissulfureno de carbono. Por vezes, estas substâncias são utilizadas em ambientes ruidosos, em sectores como a indústria dos plásticos e a indústria gráfica, bem como na produção de tintas e vernizes.

Ruído e trabalhadoras grávidas

A exposição de uma trabalhadora grávida a níveis de ruído elevados no trabalho pode afectar o feto. «A exposição prolongada a ruído forte pode aumentar a tensão arterial e provocar cansaço. Resultados de experiências sugerem que a exposição prolongada do feto a níveis de ruído elevados durante a gravidez pode vir a ter efeitos na sua audição e que as baixas frequências são potencialmente mais perigosas» [24].

Os empregadores devem avaliar a natureza, o grau e a duração da exposição das trabalhadoras grávidas ao ruído [24] e, sempre que exista risco para a segurança e a saúde das trabalhadoras ou risco de consequências para a gravidez, devem adaptar as condições de trabalho das mulheres grávidas, de modo a evitar a exposição. É importante reconhecer que a utilização de equipamento de protecção individual por parte da mãe não protege o feto dos perigos físicos.

Risco acrescido de acidentes

A relação entre o ruído e os acidentes é reconhecida na directiva «Ruído» [24], que requer que esta relação seja especificamente considerada na avaliação de riscos associados ao ruído.

O ruído pode causar acidentes, na medida em que:

- Dificulta a audição e a adequada compreensão, por parte dos trabalhadores, de instruções e sinais;
- Se sobrepõe ao som de aproximação do perigo ou de sinais de alerta (por exemplo, os sinais sonoros de marcha-atrás dos veículos);
- Distrai os trabalhadores, nomeadamente os condutores;
- Contribui para o stress relacionado com o trabalho, que aumenta a carga cognitiva e, deste modo, agrava a probabilidade de erros.

Efeitos sociais e económicos

Independentemente do facto de que os efeitos fisiológicos se traduzirem em consequências nefastas para a família e para a economia tanto doméstica como da Nação, o ruído afecta de modo directo:

- a produtividade, baixando-a;
- a ocorrência de acidentes, aumentando-a;
- a gravidade dos acidentes, aumentando-a;
- os conflitos laborais, aumentando-os;
- as queixas individuais, aumentando-as;
- a inteligibilidade, diminuindo-a

2.8.5 Medidas gerais de prevenção

Para reduzir os riscos ligados à exposição dos trabalhadores ao ruído durante o desempenho da sua função a legislação prevê que devem ser utilizadas medidas técnicas de protecção colectiva, de organização do trabalho e de protecção individual, das quais destacamos as seguintes:

Medidas de carácter geral:

- Informação aos trabalhadores
- Sinalização e limitação de acesso das zonas mais ruidosas
- Vigilância médica da função auditiva dos trabalhadores expostos

Medidas de carácter específico:

Redução da produção de ruído na fonte através de:

- Utilização de máquinas, ferramentas e instalações pouco ruidosas
- Aplicação de silenciadores e atenuadores sonoros
- Reforço da estrutura das máquinas com blocos de inércia e elementos anti-vibráticos
- Escolha criteriosa dos materiais utilizados
- Manutenção regular dos equipamentos

Redução da transmissão de ruído através de:

- Reforço das estruturas das máquinas
- Isolamento contra a transmissão de vibrações decorrentes do funcionamento

Redução da radiação sonora através de:

- Aumento da absorção da envolvente acústica
- Aplicação de barreiras acústicas
- Encapsulamento das máquinas (concepção de canópias)

Separação de locais:

- Compartimentação dos locais de trabalho
- Colocação de divisórias e de cabinas

Melhorias na acústica dos edifícios, tais como:

- Montagem de tectos, divisórias, portas ou pavimentos isolantes
- Montagem de elementos absorsores de som
- Optimização da difusibilidade sonora (pouco aplicável neste caso)

Medidas de carácter geral:

- Organização da rotatividade de mudança nos postos de trabalho
- Execução de tarefas ruidosas fora do horário normal de trabalho (não aplicável)
- Limitação da duração do trabalho em ambientes muito ruidosos (não aplicável)

Medidas de protecção individual:

- Utilização de protectores individuais de audição

Todas estas técnicas e recomendações legais constituíram a plataforma de conhecimentos e de motivação durante a realização deste trabalho.

2.8.6 Ruído e a Segurança

- Mais de sete por cento dos trabalhadores europeus têm dificuldades auditivas relacionadas com o trabalho – [25].

Diariamente, milhões de trabalhadores europeus são expostos ao ruído e a todos os riscos inerentes a essa exposição nos seus locais de trabalho. Sendo o ruído um problema quase óbvio para determinados sectores como a indústria transformadora e o

sector da construção, ele pode igualmente constituir um problema para um vasto leque de outros ambientes de trabalho, desde centros de atendimento telefónico a escolas, ou de fossos de orquestras a bares [24].

Viver com o ruído parece ser uma fatalidade para os cidadãos das sociedades modernas. Em muitos locais de trabalho e de lazer já nos “habituíamos” a este nosso “mau companheiro”.

O ruído não afecta apenas as pessoas que trabalham nas indústrias transformadoras, nos estaleiros navais e de construção. É considerado, também, um problema no sector dos serviços, nomeadamente em áreas como a educação, a saúde e a hotelaria e turismo.

Estudos comunitários revelam que mais de 40 milhões de pessoas, um terço dos trabalhadores europeus, estão expostas a condições ruidosas durante metade das horas de trabalho. A surdez é, hoje, uma das primeiras doenças profissionais na Europa, com largo impacto na saúde dos trabalhadores e nos recursos financeiros dos Estados-Membros da União Europeia.

Com estes números e outras informações fundamentadas, a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, representada em Portugal pela ACT – Autoridade para as Condições de Trabalho, tem vindo este ano a desenvolver uma campanha de informação sob o lema “Calem esse Ruído”, que ultrapassa o espaço comunitário.

Mas a surdez não é o único risco do ruído. Existem provas suficientes, e que demonstram claramente que a exposição ao ruído no local de trabalho, mesmo a níveis bastante baixos, pode provocar outras alterações da saúde, nomeadamente no sistema cardiovascular, podendo ainda ser um factor de stress relacionado com a vida profissional.

Podemos observar na tabela 5, a lista de incapacidades resultantes da exposição dos trabalhadores a agentes nocivos nos ambientes de Trabalho:

Incapacidades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pneumatoses	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	460	460	346	354	350	316	492	459	216	040
Surdez Profissional	3402	3557	3634	3793	3920	4157	4329	4479	4580	4799
Dermatoses	957	1079	1239	1374	1485	1640	1768	1844	1926	2078
Acidentes de Trabalho	470	540	596	610	667	739	739	739	739	739
Outras	296	240	280	462	186	204	209	215	61	60
Intoxicações	184	199	207	219	226	242	253	260	266	274
Total	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17
	769	075	302	812	834	298	790	996	798	990

Fonte: Anuários estatísticos da Segurança Social Instituto de Gestão Financeira da Segurança Social do MTS

Tabela 5 - Lista de incapacidades resultantes da exposição dos trabalhadores a agentes nocivos

Por outro lado, níveis elevados de ruído limitam a capacidade dos trabalhadores ouvirem e comunicarem, aumentando a probabilidade de acidentes. O ruído obriga, frequentemente, a um exagerado esforço das cordas vocais para comunicar com os outros e impede, por vezes, a audição dos sinais sonoros.

A maioria das pessoas já experimentou o desconforto, nomeadamente o cansaço e irritação, resultantes da exposição a altos níveis de ruído durante muito tempo. A surdez, porém, não é perceptível no momento, permitindo que a pessoa perca gradualmente a audição sem grande alarme. O tinitus, sensação de ouvir um zumbido, um silvo, pode ser o primeiro sinal de que a audição está a ser afectada pelo ruído.

Nas pequenas e médias empresas coloca-se, em geral, o problema dos custos inerentes às necessárias transformações técnicas ou de organização para diminuir o risco da exposição ao ruído. É óbvio que esta é uma questão a ter em conta, todavia, com custos razoáveis podem ser introduzidas alterações significativas no domínio da prevenção. Daí que seja importante realizar uma avaliação dos riscos dos locais de trabalho com eventuais medições do ruído e, se necessário, tomar medidas adequadas de prevenção.

É muito importante consultar, informar e formar os trabalhadores e respectivas chefias sobre os riscos que correm, bem como sobre os métodos de trabalho com baixo nível de ruído e a boa utilização do equipamento de protecção.

A pior forma de enfrentar a questão dos riscos do ruído é ignorar o problema e dizer que, com o tempo, toda a gente se habitua. É o mesmo que dizer que todos estão condenados ao desconforto, à doença e à baixa produtividade.

A melhor forma é, sem dúvida, a de procurar informação técnica e legal, avaliar os riscos e fazer contas para ver os custos. Não podemos esquecer que manter a situação, aparentemente barata, pode sair cara. É preferível investir na prevenção e na protecção da saúde.

2.8.7 Impacto do Ruído na União Europeia

Não é preciso um ruído excessivamente elevado para gerar problemas no local de trabalho. O ruído pode interagir com outros perigos no local de trabalho e aumentar os riscos para os trabalhadores, por exemplo:

- aumentando o risco de acidente ao impedir que sinais de aviso sejam ouvidos;
- aumentando o risco de perda de audição por interacção com a exposição a determinados químicos; ou
- sendo um factor causal no stress relacionado com o trabalho.

A exposição ao ruído pode colocar os trabalhadores perante uma série de riscos para a sua segurança e saúde:

Perda de audição: o ruído excessivo prejudica as células capilares da cóclea, parte do ouvido interno, conduzindo à perda de audição. "Em muitos países, a perda de audição induzida pelo ruído é a doença profissional irreversível de maior prevalência" [25]. As estimativas apontam para uma taxa de pessoas na UE afectada por problemas auditivos superior à população total de França.

Segundo alguns estudos, 28 por cento dos trabalhadores da União Europeia estão expostos a ruído intenso nos seus locais de trabalho⁹.

Efeitos fisiológicos: existem provas de que a exposição ao ruído tem efeitos sobre o sistema cardiovascular provocando a libertação de catecolaminas e o aumento da pressão arterial. Os níveis de catecolaminas no sangue (incluindo epinefrina (adrenalina) estão associados ao stress.

Stress relacionado com o trabalho: o stress relacionado com o trabalho só muito raramente advém de uma só causa, sendo geralmente provocado pela interacção de

⁹ Dados da Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho

vários factores de risco. O ruído no ambiente de trabalho pode ser stressante, mesmo em níveis bastante baixos.

Risco acrescido de acidentes: os elevados níveis de ruído dificultam a audição e a comunicação dos trabalhadores entre si e aumentam, por conseguinte, a probabilidade de ocorrência de acidentes. Este problema pode ser agravado devido ao stress relacionado com o trabalho (no qual o ruído pode constituir um factor).

Qualquer pessoa exposta ao ruído está potencialmente em risco. Quanto mais elevado for o nível do ruído e mais prolongada a exposição, maior é o risco de se sofrer danos por causa do ruído. Na indústria transformadora e mineira, 40% dos trabalhadores estão sujeitos a níveis de ruído significativos durante mais de metade das horas de trabalho. No sector da construção, esta percentagem é de 35% e muitos outros sectores, incluindo a agricultura, os transportes e as comunicações, atingem uma média de 20%. Mas o ruído não constitui um problema apenas na indústria transformadora ou noutras indústrias tradicionais. O ruído é também aceite como um problema para certos sectores de prestação de serviços, como é o caso da educação e dos profissionais de saúde, bem como dos bares e restaurantes.

- Um estudo ao ruído nos jardins-de-infância detectou níveis médios de ruído superiores a 85dB;
- Durante uma performance de “O Lago dos Cisnes”, o registo do ruído a que o chefe de orquestra esteve exposto acusou os 88dB;
- Os camionistas, por exemplo, podem estar expostos a 89dB;
- O nível de ruído a que os trabalhadores em clubes nocturnos estão expostos pode chegar aos 100dB;
- O ruído nas explorações suínas pode atingir os 115dB [2], [26].

Segue de seguida, na tabela 6, exemplos dos limites de exposição ocupacional ao ruído conforme as Normas Nacionais de diversos países.

País	Nível de Ruído dB (A)	Tempo de Exposição (h) ①	Taxa de divisão dB (A)	Nível Máximo dB (A)	Nível de Ruído de impacto (dB)
■ Alemanha Oc.	90	8		--	--
■ Alemanha Or.	85	8		--	--
w Alemanha	85	8	3		
■ Japão	90	8		--	--
● França ②	90	40	3	--	--
● Bélgica	90	40	5	110	140
● Inglaterra	90	8	3	135	150
w Inglaterra	83	8	3		
● Itália	90	8	5	115	140
s Itália	90	--	3	115	--
w Itália	85	8	3		
● Dinamarca	90	40	3	115	--
■ Suécia	85	40	3	115	--
■ USA - OSHA	90	8	5	115	140
■ USA - NIOSH	85	8	5	--	--
● Canadá	90	8	5	115	140
● Austrália	90	8	3	115	--
w Austrália	85	8	3		
■ Holanda	80	8		--	--
w Holanda	80	8	3		
s Espanha ③	--	--	--	110	--
w Espanha	85	8	3		
s Turquia ③	95	--	--	--	--
w China	70 - 90	8	3		
w Finlândia	85	8	3		
w Hungria	85	8	3		
w Nova Zelândia	85	8	3		
w Israel	85	8	5		

País	Nível de Ruído dB (A)	Tempo de Exposição (h) ①	Taxa de divisão dB (A)	Nível Máximo dB (A)	Nível de Ruído de impacto (dB)
w Noruega	85	8	3		
■ Brasil	85	8	5	115	130
<p>■ Segundo GERGES (1988).</p> <p>● Segundo HAY (1975)</p> <p>s Segundo HAY (1982).</p> <p>w Segundo SOBRAC (1995)</p>					

Tabela 6 - Limite de exposição ocupacional ao ruído conforme as Normas Nacionais de diversos países [35]

CAPÍTULO III

LEGISLAÇÃO

3. LEGISLAÇÃO

Em Portugal também é necessário “fazer calar o ruído” pois os dados apontavam, no ano 2000 [2], [26], para cerca de 5000 pensionistas com incapacidade devida a surdez. Todavia, os trabalhadores afectados pelo ruído serão muitos mais, embora seja difícil quantificá-los, na medida em que o nosso sistema de notificação das doenças profissionais é muito limitado.

Alguns indicadores apontam a surdez devida ao ambiente laboral como uma doença em ascensão sendo necessário controlar e reduzir este risco profissional nos próximos tempos.

Para além de lesões auditivas irreversíveis, o ruído pode provocar acidentes e contribuir para outros problemas de saúde, diminuindo a qualidade de vida e a produtividade. Fazer “calar o ruído” é, assim, um objectivo importante, tanto ao nível económico como social.

Incluir o ruído na gestão da segurança e saúde no trabalho.

O ideal é gerir o problema da exposição ao ruído logo na concepção das instalações e dos postos de trabalho.

Ao construir uma unidade fabril, uma oficina, um estaleiro, ou ao instalar os postos de trabalho, será necessário tomar as medidas necessárias para eliminar as fontes de ruído e/ou para controlar a exposição dos trabalhadores ao mesmo. Com esta estratégia evitam-se graves problemas de saúde e custos inerentes a medidas de correcção. É investir na prevenção no próprio projecto.

3.1 Legislação sobre Ruído em Portugal

A história legislativa referente à exposição ocupacional ao ruído está intimamente ligada à própria legislação sobre as condições de trabalho em geral.

Assim, a primeira referência surge na Portaria nº 53/71, de 3 de Fevereiro, que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene nos Estabelecimentos Industriais, posteriormente alterada pela Portaria nº 702/80, de 22 de Setembro. A exposição ao ruído, ou de uma forma geral a agentes físicos, é ainda abordada no Decreto-Lei nº347/93, de 1 de Outubro e Portaria nº 987/93, de 6 de Outubro, ambos relativos às prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho.

Pese embora a importância dos diplomas anteriormente citados, a exposição ao ruído surge pela primeira vez como elemento nuclear no Decreto-Lei 251/87, de 24 de Junho, decreto que aprova o Regulamento Geral sobre o Ruído. Este Decreto-Lei, embora com

objectivos mais alargados que a regulamentação da exposição ocupacional, constitui o primeiro passo na legislação em matéria de exposição ao ruído. Em 1989 são alteradas algumas disposições do Regulamento Geral sobre o Ruído, através do Decreto-Lei nº 292/89, de 2 de Setembro. Embora estes dois últimos diplomas refiram a exposição ocupacional ao ruído, os aspectos de maior especificidade são remetidos para legislação própria, onde se inclui a exposição ao ruído nos locais de trabalho. Marco importante em termos legislativos referentes ao ruído é a Directiva Comunitária n.º 86/188/CEE, de 12 de Maio, que estabelece o quadro geral de protecção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho, transposta para a ordem jurídica interna pelo Decreto-Lei nº 72/92, e regulamentada pelo Decreto Regulamentar 9/92, ambos de 28 de Abril.

Se bem que os anteriores diplomas, em especial o Decreto Regulamentar, seja bastante detalhado em termos de especificações técnicas referentes a procedimentos de avaliação, monitorização, selecção da protecção e arquivos, existe uma série de normas publicadas que especificam com pormenor e detalhe técnico alguns dos procedimentos previstos na legislação. Exemplos destas normas são as NP 1730:1, 2 e 3 (1996), e todas as normas relacionadas com a protecção auditiva, como por exemplo, a série NP EN 352 (1996) e NP EN 458 (1996) [27].

No entanto, em matéria de ruído é necessário distinguir duas áreas: a da poluição sonora susceptível de causar incomodidade no ambiente, e a das questões relativas ao ruído ocupacional.

A **primeira** - que se denomina, comumente, ruído ambiente - refere-se à salvaguarda da saúde humana e ao bem-estar das populações, enquanto receptoras de ruído emitido por fontes susceptíveis de causar incomodidade, tais como obras de construção civil; estabelecimentos industriais; equipamentos para utilização no exterior; infra-estruturas de transporte, veículos e tráfego; actividades temporárias (espectáculos, feiras, entre outras), sistemas sonoros de alarmes e ruído de vizinhança.

Já a **segunda** visa a salvaguarda da saúde dos trabalhadores, e denomina-se ruído ocupacional.

O ruído é reconhecido como um dos principais factores de degradação da saúde e do bem-estar das populações pelo que o Governo, acompanhando a crescente consciencialização social deste problema, tem aprovado legislação cada vez mais exigente nesta matéria.

Os principais diplomas legais, presentemente em vigor, relativos ao ruído ambiental são os seguintes:

Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro que aprova o novo regime legal sobre a poluição sonora designado também por "Regulamento Geral do Ruído", rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 18/2007 de 16 de Março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007 de 1 de Agosto, que revogou o Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro.

Decreto-lei n.º 129/2002, de 11 de Maio que veio aprovar o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios revogando, em definitivo, as normas sobre requisitos acústicos dos edifícios constantes do anterior Regime Legal da Poluição Sonora (Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro), alterado pelo Decreto-lei n.º 96/2008, de 9 de Junho.

Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho relativo à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente e que determina a elaboração de mapas estratégicos de ruído; a prestação de informação ao público sobre o ruído ambiente e seus efeitos e a aprovação de planos de acção baseados nos mapas estratégicos de ruído.

Decreto-lei n.º 221/2006, de 8 de Novembro que aprova o Regulamento das Emissões Sonoras para o Ambiente do Equipamento para Utilização no Exterior.

Estas medições podem ser efectuadas no âmbito de processos de licenciamento, na avaliação de incomodidade para o exterior, na realização de estudos de impacte ambiental, de mapas de ruído, etc.

Relativamente à avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído, objecto de desenvolvimento do presente trabalho, foi publicado a 6 de Setembro de 2006 o Decreto-lei 182/2006 que transpõe para ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

Este Decreto, conforme disposto no n.º 2 do art. 1º é aplicável a todas as actividades dos sectores privado, cooperativo e social da administração pública, central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas colectivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

O Decreto-Lei n.º 182/2006, de 06 de Setembro estabelece algumas alterações relativamente ao processo de medição do ruído impostos pela anterior legislação

(Decreto-lei 72/92 e o Decreto Regulamentar 9/92, ambos de 28 de Abril), entre as quais se destacam:

- Actualização das grandezas físicas de acordo com a Norma ISO 1999:1990;
- Clarificação da aplicação dos valores Limite de Exposição e dos Valores de Acção;
- Aperfeiçoamento da regulamentação dos métodos de cálculo da atenuação dos protectores auditivos;
- Permissão para utilização de outros métodos na determinação da exposição pessoal diária ao ruído.

O Decreto-Lei encontra-se em vigor desde do dia 6 de Outubro de 2006, exceptuando-se os trabalhadores que prestam serviço a bordo em alto mar e as actividades de música e entretenimento, entrando em vigor, para estes casos, somente em 15 de Fevereiro de 2011 e 15 de Fevereiro de 2008, respectivamente.

A anterior legislação sobre esta matéria (Decreto-lei 72/92 e o Decreto Regulamentar 9/92, ambos de 28 de Abril) encontra-se totalmente revogada.

Verifica-se na Tabela 7 as principais alterações legislativas face à revogação do DR n.º 9/92.

Valores em Causa	Decreto Regulamentar n.º 9/92		Decreto-Lei n.º 182/2006	
	$L_{EP,A}$ dB(A) 10	$MaxL_{Pico}$ dB (lin.) ¹¹	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	L_{pico} dB(C)
Valor limite de exposição	90	140	87	140
Valor superior de exposição que desencadeia a acção	-	-	85	137
Valor inferior de exposição que desencadeia a acção	85	-	80	135

Tabela 7 – Alterações legislativas face à revogação do Decreto Regulamentar 9/92

¹⁰ $L_{EP,A}$ e $L_{EX,8h}$ representam a exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o seu dia de trabalho. Embora as designações sejam diferentes o seu significado físico é o mesmo, havendo apenas uma variação linguística: “EP,A” refere-se a “Exposição Pessoal ponderada a A” e “EX,8h” refere-se a “Exposition in 8 hours”.

¹¹ Os símbolos $MAXL_{pico}$ e L_{Cpico} representam os dois, o valor de pico de pressão sonora, ou seja o valor máximo instantâneo do nível de pressão sonora. $MAXL_{pico}$ e L_{Cpico} .

Este regime vem, através do conceito de exposição semanal permitir um tratamento mais justo daquelas situações em que a exposição sonora é muito variável de um dia para o outro. Nestes casos, o empregador pode, mediante autorização da ACT, ser autorizado a utilizar a média semanal dos valores diários de exposição para avaliar os níveis de ruído neles existentes (art.º 15.º, n.º 1) [28].

Os princípios gerais da avaliação de riscos a que estão sujeitas as actividades susceptíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, estão consagrados no art.º 4.º do Decreto - Lei. A avaliação feita com base na medição do ruído deverá ser realizada de acordo com o disposto nos Anexos I e II do Decreto - Lei [28].

Este artigo vem determinar que a medição do nível de ruído tem sempre que ser realizada por entidades acreditadas pelo IPAC ou por Técnicos superiores de SHT ou Técnicos de SHT, com CAP e formação específica em matéria de métodos e instrumentos de medição do ruído no trabalho (art.º 4.º, n.º 8) [28].

O diploma consagra novos modelos de registo das avaliações, contidos no Anexo III. Refere-se os valores limite de exposição e valores limite de acção a considerar, conforme tabela 8 abaixo (art.º 3.º ponto 1).

Valores em Causa	Decreto-Lei n.º 182/2006	
	L _{Ex,8h} dB(A)	L _{pico} dB(C)
Valor limite de exposição	87	140
Valor de acção superior	85	137
Valor de acção inferior	80	135

Tabela 8 - Valores limite de exposição e valores limite de acção

A avaliação de riscos deverá ser realizada (art.º 5.º, n.ºs. 2 e 3):

- Sempre que haja alterações significativas, nomeadamente a criação ou a modificação de postos de trabalho;
- Sempre que o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação;
- Com uma periodicidade mínima anual, sempre que seja atingido ou excedido o valor de acção superior.

São previstas um conjunto de medidas gerais de redução da exposição dos trabalhadores ao ruído, as quais, de forma inovadora, são concretizadas no Anexo IV.

No artigo 6.º, caracteriza que o empregador deve utilizar todos os meios disponíveis para eliminar na fonte ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição dos

trabalhadores ao ruído, de acordo com os princípios gerais de prevenção legalmente estabelecidos [28].

O empregador deve assegurar que os riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores resultantes da exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo, mediante:

- Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição ao ruído;
- Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo ruído possível, incluindo a possibilidade de disponibilizar aos trabalhadores equipamento de trabalho cuja concepção e cujo fabrico respeitem o objectivo ou o efeito da limitação da exposição ao ruído;
- Concepção, disposição e organização dos locais e dos postos de trabalho;
- Informação e formação adequadas dos trabalhadores para a utilização correcta e segura do equipamento com o objectivo de reduzir ao mínimo a sua exposição ao ruído;
- Medidas técnicas de redução do ruído, nomeadamente barreiras acústicas, encapsulamento e revestimento com material de absorção sonora para redução do ruído aéreo, e medidas de amortecimento e isolamento para redução do ruído transmitido à estrutura;
- Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e dos sistemas aí existentes;
- Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade da exposição;
- Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados.

Nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos valores de acção superior, o empregador estabelece e aplica um programa de medidas técnicas e organizacionais.

Os locais de trabalho referidos no número anterior devem estar sinalizados de acordo com a legislação aplicável à sinalização de segurança e saúde e ser delimitados e o acesso aos mesmos ser restrito, sempre que seja tecnicamente possível e o risco de exposição o justifique [28].

Os locais de descanso devem ter um nível de ruído compatível com o seu objectivo e as condições de utilização.

O empregador deve adaptar as medidas referidas anteriormente a trabalhadores particularmente sensíveis aos riscos resultantes da exposição ao ruído.

Para eliminar ou reduzir os riscos resultantes da exposição ao ruído, além dos modos já referidos, o empregador pode também aplicar medidas referidas na lista indicativa do Anexo IV, deste Decreto-Lei.

Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados por outros meios, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores equipamentos de protecção individual no trabalho que obedeçam à legislação aplicável e sejam seleccionados, no que respeita à atenuação que proporcionam, de acordo com o Anexo V, o qual faz parte integrante do presente Decreto-Lei (art.º 7.º).

Para a aplicação do disposto no número anterior, o empregador:

- Coloca à disposição dos trabalhadores protectores auditivos individuais sempre que seja ultrapassado um dos valores de acção inferiores;
- Assegura a utilização pelos trabalhadores de protectores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de acção superiores;
- Assegura que os protectores auditivos seleccionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição;
- Aplica medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores de protectores auditivos e controla a sua eficácia.

A informação e formação dos trabalhadores constitui também uma obrigação da entidade patronal, à luz do art.º 9.º do diploma, devendo ser periodicamente actualizada. Sem prejuízo das obrigações gerais em matéria de saúde no trabalho, o empregador deve assegurar uma vigilância adequada da saúde dos trabalhadores em relação aos quais o resultado da avaliação revele a existência de riscos, com vista à prevenção e ao diagnóstico precoce de qualquer perda de audição resultante do ruído e à preservação da função auditiva (art.º 11º).

A vigilância da saúde referida deve:

- a) Detectar precocemente a relação entre uma doença identificável ou os efeitos nocivos para a saúde e a exposição do trabalhador ao ruído;
- b) Determinar a relação entre a doença ou os efeitos nocivos para a saúde e as condições particulares de trabalho do trabalhador;
- c) Utilizar técnicas apropriadas para detectar a doença ou os efeitos nocivos para a saúde.

Se o resultado da vigilância da saúde revelar que o trabalhador sofre de uma doença ou de uma afecção resultante da exposição ao ruído no local de trabalho, o médico de trabalho deve (art.º 12º):

- a) Informar o trabalhador do resultado que lhe diga respeito e presta-lhe informações e recomendações sobre a vigilância da saúde a que deva submeter-se terminada a exposição;
- b) Comunicar ao empregador os resultados da vigilância da saúde com interesse para a prevenção de riscos, sem prejuízo do sigilo profissional a que se encontra vinculado.

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA

4. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AO RUÍDO

4.1 Medição do ruído:

Para a medição de um nível de ruído, utiliza-se um instrumento designado por sonómetro e aplicam-se procedimentos normalizados. Neste ponto vai ser feita uma pequena referência ao funcionamento de um sonómetro, assim como aos aspectos mais importantes dos procedimentos normalizados.

4.1.1 O sonómetro – Instrumento para medição do ruído:

Um sonómetro trata-se de um instrumento que tem como função medir níveis sonoros [29].

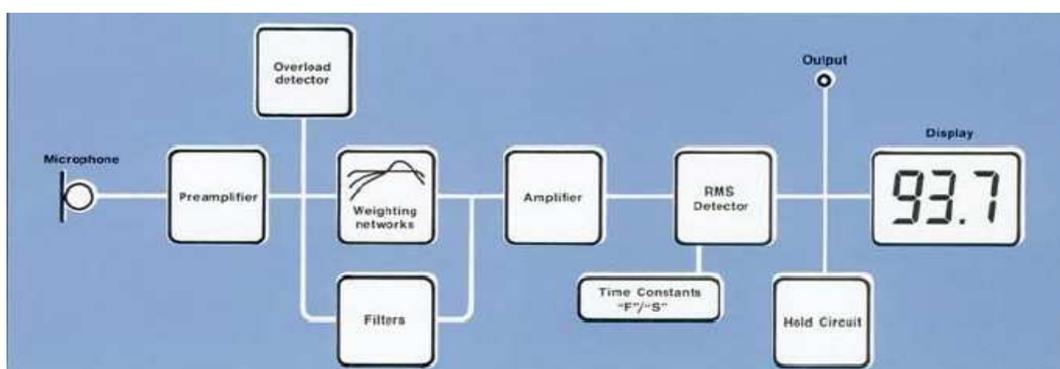


Figura 20: Constituição de um sonómetro

Apesar da variedade de sonómetros existente no mercado, o princípio de funcionamento de todos eles é basicamente o mesmo: um microfone, uma unidade de processamento e uma unidade de leitura. O diagrama seguinte exemplifica a constituição de um sonómetro:

Identifica-se da Figura 20, cinco componentes fundamentais para o funcionamento de um sonómetro, para além do display onde são lidos os resultados, amplificadores de sinal e outros componentes electrónicos de menor importância [29]:

- Microfone (Microphone): é um transdutor, convertendo portanto um sinal mecânico num sinal eléctrico. São normalmente utilizados nos sonómetros, microfones de condensador (condenser microphone) [12], que devido às suas características combinam precisão com estabilidade de sinal.
- Sistema de Ponderação (weighting network): Sistema no qual podem ser aplicadas ao sinal as ponderações A, B, C, D ou U (ver 1.4.3).

- Filtros (Filters): São usualmente aplicados ao sinal filtros de oitava, de $\frac{1}{3}$ de oitava, ou de $\frac{1}{10}$ de oitava, que permite obter um espectro de frequências do som analisado.
- Velocidade de amostragem (Time Constants): A velocidade de amostragem é escolhida de acordo com o objectivo da medição. Na maior parte dos sonómetros é possível escolher 3 velocidades de amostragem: Slow (S), Fast (F), Impulse (I), quanto maior for a velocidade de amostragem maior vai ser o relevo dado a sons impulsivos de curta duração. Usualmente utiliza-se o modo Fast, no entanto para determinar se o ruído apresenta características impulsivas o modo Impulse é importante. Existe ainda em alguns sonómetros a hipótese de escolher o modo Peak que adquire o pico mais alto de ruído independentemente da sua duração.
- Detector vmq (RMS Detector): Faz o processamento do sinal obtido em termos do valor médio quadrático da pressão sonora.

A medição de L_{Aeq} de um nível sonoro constante, é bastante simples porque a resolução do integral da equação 1.2 caso $P^2(t)$ seja constante é trivial, no entanto se o nível sonoro for variável ao longo do tempo é necessário ter em conta vários valores instantâneos de $P^2(t)$. Os sonómetros integradores resolvem este problema electronicamente, se o sonómetro não for integrador é necessário um tratamento estatístico dos resultados obtidos, de acordo com o tipo de ruído presente [1].

Para a caracterização de um sonómetro, é importante o conhecimento da sua precisão, por essa razão os sonómetros dividem-se em quatro classes distintas de acordo com a sua precisão [22]:

- **Classe 0:** Utiliza-se em laboratórios, serve como referência
- **Classe 1:** Utilizados em medições de campo com elevada precisão
- **Classe 2:** Utilização em medições de campo, sem elevada precisão
- **Classe 3:** Utilizados para reconhecimentos, apenas efectua medições aproximadas.

A realização de medições de ruído implica obviamente que os sonómetros forneçam resultados precisos, para isso é conveniente que os sonómetros sejam calibrados com

instrumentação própria, antes e depois de cada medição, é também necessário que sejam homologados periodicamente por autoridades competentes.

Respeitando-se o constante no Decreto-Lei n.º 182/2006, Anexo II, que caracteriza que os instrumentos de medição de ruído devem dispor das características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir e das ponderações em frequência A e C e cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exactidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível a utilização de sonómetros da classe 1, para maior exactidão das medições [28].

Deve ser evitada a utilização de sonómetros não integradores para a determinação da exposição pessoal do trabalhador quando a pressão sonora apresenta flutuações do nível sonoro, L_{pA} , de grande amplitude ou para períodos de exposição irregulares do trabalhador.

Em caso de dúvida de ultrapassagem dos valores limite, as medições devem ser confirmadas com a utilização de sonómetros integradores.

Permitam determinar o nível sonoro contínuo equivalente, $L_{Aeq,T}$, ou o nível de exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$, e o nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} .

Os instrumentos utilizados para medições de ruído devem possuir indicador de sobrecarga.

Nos casos práticos estudados neste trabalho foi utilizado apenas um sonómetro:

- Analisador Espectral – Modelo SC 310 – Marca CESVA: Sonómetro integrador de classe 1, conforme figura 21.

O sonómetro possui uma única escala de medição: 23 -137 dB(A), até 140 dB de pico, sendo que caso os valores se aproximem do limite de pico as medições não serão possíveis.

- ✓ Sonómetro CESVA SC310 (1);
- ✓ Calibrador sonoro CESVA, modelo CB-5 (2);
- ✓ Tapa – Vento (anti vento) (3);
- ✓ Tripé de suporte para o sonómetro (4);
- ✓ 2 Pilhas alcalinas de 1,5 V tamanho AA (5)



Figura 21 – Equipamento de medição

4.2 Normas e Procedimentos:

Os procedimentos a seguir para a realização de avaliações de ruído são procedimentos normalizados. As medições efectuadas no decorrer deste trabalho, enquadram-se no âmbito do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro – “Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído” e ISO/DIS 9612:2007 – Acoustics — “Measurement and calculation of occupational noise exposure – Engineering method”.

Sendo considerados para o efeitos os seguintes valores a registar:

Valores de acção superior e inferior: 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 do trabalhadores;

Valores de Acção Superiores: $L_{EX,8h} = \overline{L}_{EX,8h} = 85$ dB(A) e $L_{Cpico} = 137$ dB(C) equivalente a 140 Pa;

Valores de Acção Inferiores: $L_{EX,8h} = \overline{L}_{EX,8h} = 80$ dB(A) e $L_{Cpico} = 135$ dB(C) equivalente a 112 Pa;

Valor limite da exposição: o nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado – $L_{EX,8h} = \overline{L}_{EX,8h} = 87$ dB(A) e $L_{Cpico} = 140$ dB(C) equivalente a 200Pa;

Nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} : valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C), dado pela expressão seguinte:

$$L_{Cpico} = 10 \log_{10} (p_{Cpico} / p_0)^2;$$

p_{Cpico} = valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto;

p_0 = pressão sonora de referência;

Ruído Impulsivo: o ruído constituído por um ou mais impulsos de energia, tendo cada um, uma duração inferior a um segundo, e separados por mais de 0,2 segundos.

Para proceder ao ensaio de avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído é necessário antes de proceder à medição, fazer o cliente preencher o “MODELO – Distribuição dos Trabalhadores - Hora/Posto de Trabalho” (Anexo I), de forma a validar o ensaio.

4.3 Método de Medição

Existem 3 estratégias de medição para a determinação da exposição ao ruído no local trabalho, o que devemos escolher a mais adequada, como se pode verificar na seguinte tabela:

TIPO DE TRABALHO PADRÃO	ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO		
	Estratégia 1 Medição com base na tarefa	Estratégia 2 Medição com base no posto de trabalho	Estratégia 3 Medição de um dia inteiro de trabalho
Posto de trabalho fixo – Tarefa simples ou única	✓ *		
Posto de trabalho fixo – Tarefas complexas ou múltiplas	✓ *	✓	✓
Trabalhador móvel – Modelo previsível – Número pequeno de tarefas	✓ *	✓	✓
Trabalhador móvel – Trabalho previsível – Número grande de tarefas ou modelo de trabalho complexo	✓	✓	✓ *
Trabalhador móvel – Modelo de trabalho imprevisível		✓	✓ *
Trabalhador fixo ou móvel – Tarefas múltiplas com durações não especificadas		✓ *	✓
Trabalhador fixo ou móvel – Não há atribuição de tarefas. Apenas objectivo a cumprir.		✓ *	✓
✓ Estratégia que pode ser usada			
* Estratégia recomendada			

Tabela 9 – Estratégias de medição para o ruído laboral [37]

- Medição com base na tarefa – o trabalho realizado durante um dia de trabalho é analisado e dividido num número representativo de tarefas e medições separadas que são realizadas para cada tarefa;
- Medição com base na função ou posto de trabalho – um número aleatório de amostras são recolhidas durante a performance de um posto de trabalho particular;
- Medição de um dia inteiro de trabalho – a exposição ao ruído é medida continuamente ao longo dos dias de trabalho completos.

4.4 Posições de medição

- As medições são realizadas no posto de trabalho, sempre que possível, na ausência do trabalhador, com a colocação do microfone na posição em que estaria a sua orelha mais exposta;
- Quando a presença do trabalhador for necessária, o microfone deve ser colocado a uma distância de entre 0,10m e 0,30m, em frente à orelha mais exposta do trabalhador;

A direcção de referência do microfone deve ser, se possível, a do máximo ruído, determinado por um varrimento angular de microfone, em torno da posição de medição.

4.5 Intervalos de Tempo de Medição e Número de Medições

Medições efectuadas pelo Método de Medição por Tarefa

O tempo de medição deverá ser suficientemente longo para representar a média do nível de pressão sonora equivalente contínuo para a tarefa de trabalho actual. Se a duração da tarefa do trabalho é menor do que 5 minutos, o tempo de medição deve ser a duração da tarefa do trabalho. Para muitas tarefas do trabalho, o tempo de medição deve ser, pelo menos, de 3 min. O tempo de medição é considerado de 3 minutos se o nível encontrado for constante ou repetitivo, caso contrário será necessário aumentar o tempo de medição para pelo menos 5min.

Se o ruído é aleatoriamente flutuante durante a tarefa, o período de medição deve ser suficientemente longo para garantir que a medida $L_{pAeq,T,m}$ é representativa para todo o período da tarefa.

Para cada tarefa, pelo menos, 3 medições de $L_{pAeq,t}$ deverão ser realizadas, uma abrangendo um nível elevado de ruído observado e outra com o nível de ruído mais baixo observado durante a tarefa. O terceiro permite o nível típico de ruído, se possível.

São consideradas válidas as medições com desvios de ± 3 dB (A). Caso sejam obtidas medições com desvios superiores a ± 3 dB (A), deverão ser efectuadas mais medições ou aumentar o tempo de medição de forma a obterem-se resultados válidos.

É necessário registar se a propagação do ruído se efectua em campo livre ou em campo difuso.

Designar as condições face ao trabalhador, nomeadamente se o trabalhador se encontra ausente ou presente, e regista-se no “MODELO - Registo Ruído Laboral” (em Anexo II).

Registo dos resultados das medições

Os valores dos parâmetros utilizados para a avaliação L_{Aeq} e L_{Cpico} e a análise em frequência por banda de oitava são guardados num ficheiro de gravação do sonómetro.

4.6 Tratamento dos Dados

Método de Medição por Tarefa

Se J observações da duração da tarefa T_m , j estão disponíveis, o valor da média aritmética é a duração da tarefa T_m , calculado a partir da seguinte equação:

$$T_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad \text{Equação 4.1}$$

Se a duração de uma tarefa T_m é considerada como uma variável ou uma constante, deverá ser verificada para que as tarefas que compõem o dia nominal, a soma das durações individuais correspondam à duração efectiva de um dia trabalho:

$$T_e = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M T_m \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde,

T_e – é a duração efectiva de um dia de trabalho;

M – é o número total de tarefas.

Determinação do Nível de Exposição Diária ao Ruído

O nível de pressão sonora equivalente contínuo, de ponderação A, para a tarefa m é calculado a partir de medições separadas $L_{pAeq,T,m1}$, $L_{pAeq,T,m2}$, ..., $L_{pAeq,T,mI}$ como a seguir representado:

$$L_{pAeq,T,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \cdot L_{pAeq,ci}} \right) \text{dB} \quad \text{Equação 4.3}$$

Onde,

$L_{pAeq,ti}$ – é o nível de pressão sonora equivalente contínuo, de ponderação A, durante a tarefa de duração t ;

I – é o número total de medições realizadas na tarefa m ;

A expressão geral para a determinação do nível de exposição sonora $L_{EX,8h}$ usando o método baseado na tarefa é a seguinte:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{T_0} 10^{\frac{L_{pAeq,T,m}^*}{10}} \right] \text{ dB} \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde,

T_m – é valor da média aritmética da duração da tarefa m ;

M – é o número total de tarefas;

T_0 – é a duração de referência, $T_0 = 8$ h;

$L_{pAeq,T,m}^* = L_{pAeq,T,m} + K_2 + K_3$ – é a estimativa do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A, da tarefa m ;

Onde,

$L_{pAeq,T,m}$ – é a média do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A, da tarefa m de acordo com a Equação (2.3);

K_2 – é a correcção dos equipamentos de medição utilizados na determinação do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A;

K_3 – é a correcção da posição do microfone usada na determinação do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A;

NOTA – Uma vez que as estimativas de K_2 e K_3 são cerca de 0, então $L_{pAeq,T,m}^* \approx L_{pAeq,T,m}$.

4.7 Incertezas de medição

Independentemente da estratégia de medição utilizada, a incerteza expandida deve ser associada ao valor da exposição pessoal diária calculado.

Quando os valores de acção ou o valor limite de exposição pessoal diária se situem dentro da margem de erro das medições, entendendo-se por margem de erro o intervalo entre o resultado da medição subtraído e adicionado o valor da incerteza da medição, representado pela expressão:

$L_{EX,8h} - \text{incerteza da medição} \leq \text{valor de acção ou valor limite} \leq L_{EX,8h} + \text{incerteza da medição}$.

No entanto, pode-se optar por:

Aumenta-se o número das medições ou a sua duração, até ao limite em que o intervalo do tempo de medição coincida com o da exposição, de modo a obter um grau máximo de exactidão e de redução da margem de erro;

O empregador assumir que tais níveis ou limites foram ultrapassados e aplicar as correspondentes medidas preventivas.

4.7.1 Conceitos a considerar

Incerteza de Medição - Parâmetro associado ao resultado da medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

Mensuranda – Grandeza particular submetida à medição.

Exemplo: Pressão do vapor de uma dada amostra de água a 20°C.

Importante descrever que a especificação de uma mensuranda pode requerer informações acerca de grandezas como o tempo, temperatura e pressão.

Repetibilidade dos resultados (de uma medição) - Aproximação entre os resultados de medições sucessivas da mesma mensuranda efectuadas nas mesmas condições de medição.

Importa referir que:

As condições de repetibilidade incluem:

- mesmo procedimento de medição;
- mesmo observador;
- mesmo instrumento de medição, usado nas mesmas condições;
- mesmo local;
- repetição num curto intervalo de tempo.

A repetibilidade pode exprimir-se quantitativamente em termos das características da dispersão dos resultados.

Erro de medição - Diferença algébrica entre o resultado da medição e o valor verdadeiro da mensuranda.

Sistema de medição - Conjunto completo de instrumentos de medição e outros dispositivos montados para executar uma medição específica.

Resultado de uma medição - Valor atribuído a uma mensuranda, obtido na medição.

Conjunto de operações que têm por objectivo determinar o valor de uma grandeza [31].

4.7.2 Componentes para a Incerteza na medição do nível de ruído laboral ($L_{EX,8h}$)

A incerteza na determinação dos níveis de ruído laboral tem origem nos instrumentos de medição, na falta de repetibilidade da fonte de ruído, na selecção das posições do microfone e na verificação “in situ”. A incerteza refere-se ao nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$ ou alternativamente ao nível de exposição sonora normalizado a 8 h nominais de trabalho diário, $L_{EX,8h}$ [32], [33], [34].

As incertezas podem ser de 2 tipos:

- Incertezas do Tipo “A”
- Incertezas do Tipo “B”

Incerteza do Tipo “A”

- São todas as componentes calculadas aplicando métodos estatísticos a uma série de valores medidos.

As fórmulas normalmente usadas são:

Média:
$$\bar{X} = \frac{1}{n} * \sum_{xi=1}^n x_i$$
 Equação 4.5

em que:

n - número de leituras

x_i - os valores das leituras realizadas

Desvio padrão experimental:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{xi=1}^n (xi - \bar{x})^2}$$
 Equação 4.6

em que:

n - número de leituras

x_i - os valores das leituras realizadas

X - média das leituras realizadas

Desvio padrão experimental da média:

Equação 4.7

Onde,

$$S_{med} = \frac{1}{\sqrt{n}} * S$$

Em que:

S - desvio padrão experimental

n - número de leituras

- O número de leituras “n” deverá ser tal que produza uma boa estimativa
- O número de graus de liberdade corresponde ao número de leituras menos um

Assim, número de graus de liberdade = n – 1

Incerteza do Tipo “B”

Considerando “ X_i ” como o valor de uma quantidade “Xi” que não tenha sido obtida através de várias observações, este pode ser estimado através de informações que poderão ser:

- Medições anteriores
- Experiência
- Conhecimento das propriedades dos materiais ou equipamentos de medição
- Especificações do fabricante
- Dados provenientes de calibrações
- Ou de outros certificados ou incertezas existentes

As distribuições estatísticas mais utilizadas para a quantificação/estimativa das fontes de incerteza Tipo “B” são:

- Distribuição normal
- Distribuição triangular
- Distribuição rectangular

Distribuição triangular

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

Equação 4.8

Onde:

a – Parâmetro de contribuição para a incerteza

Deste modo a variância define-se como:

$$u^2(x_i) = \frac{a^2}{6}$$

Equação 4.9

Onde:

a – Parâmetro de contribuição para a incerteza

O número de graus de liberdade toma o valor de infinito (∞)

Distribuição rectangular

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad \text{Equação 4.10}$$

Onde:

a – Parâmetro de contribuição para a incerteza

Deste modo a variância define-se como:

$$u^2(x_i) = \frac{a^2}{3} \quad \text{Equação 4.11}$$

Onde:

a – Parâmetro de contribuição para a incerteza

O número de graus de liberdade toma o valor de infinito (∞)

- A incerteza padrão deverá ser expressa pelo valor numérico obtido quando da aplicação do método usual de combinação de variâncias.
- Uma vez obtida, esta incerteza padrão é multiplicada por um factor K (coeficiente de expansão) de forma a expandir a incerteza para um intervalo de confiança de 95% de probabilidade (\pm).

O factor de expansão “**K**” (que é um factor numérico utilizado como multiplicador da incerteza padrão combinada para obtenção da incerteza expandida) é retirado da Tabela C1 do Anexo C do guia para a expressão da incerteza de medição [33], pela estimativa do número de graus de liberdade efectivos (v_{ef}) da incerteza padrão pela seguinte fórmula:

$$v_{ef} = \frac{u^2(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^2(y)}{v_i}} \quad \text{Equação 4.12}$$

Onde:

v_{ef} - número de graus de liberdade efetivo

v_i - número de graus de liberdade associado a cada incerteza

Incerteza Tipo A: $v = (n - 1)$, onde “n” é o número de medições

Para calcular a incerteza expandida:

$$Inc_{exp} = K \sqrt{\sum_i u(x_i)^2} \quad \text{Equação 4.13}$$

Onde:

K – factor de expansão

$u(x_i)$ - é a incerteza padronizada avaliada

Incerteza Expandida associada ao resultado (U_{exp}) = $U_{exp} = K * (uc)$

4.7.3 Contribuições para a incerteza

- Repetibilidade da amostra
- Duração da tarefa
- Instrumentação de medição
- Posição do microfone

4.7.4 Determinação da incerteza expandida

Determinação da incerteza expandida combinada para o método baseado na tarefa. A expressão geral para a determinação do nível de exposição sonora $L_{EX,8h}$ usando o método baseado na tarefa é a seguinte:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{T_0} 10^{\frac{L_{pAeq,T,m}^*}{10}} \right] \text{ dB} \quad \text{Equação 4.14}$$

Onde,

T_m – é valor da média aritmética da duração da tarefa m;

M – é o número total de tarefas;

T_0 – é a duração de referência, $T_0 = 8$ h;

$L_{pAeq,T,m}^* = L_{pAeq,T,m} + K_2 + K_3$ – é a estimativa do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A, da tarefa m;

Onde,

$L_{pAeq,T,m}$ – é a média do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A, da tarefa m de acordo com a Equação (2.3);

K_2 – é a correcção dos equipamentos de medição utilizados na determinação do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A;

K_3 – é a correcção da posição do microfone usada na determinação do nível de pressão sonora equivalente contínuo, de malha de ponderação A;

NOTA – Uma vez que as estimativas de K_2 e K_3 são cerca de 0, então $L_{pAeq,T,m}^* \approx L_{pAeq,T,m}$.

4.7.5 Contribuição da incerteza de medição e do balanço

Admitindo que todas as quantidades não estão correlacionadas, a incerteza padrão combinada, μ , para o nível de exposição sonora $L_{EX,8h}$ deverá, em conformidade com a norma ISO Guide 98, ser calculada a partir dos valores numéricos da contribuição incerteza, $c_j u_j$, a seguir apresentado:

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left(\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_2^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right) \quad \text{Equação 4.15}$$

Onde,

$u_{1a,m}$ – é a incerteza padrão devido à amostragem da tarefa m ;

$u_{1b,m}$ – é a incerteza padrão devido à duração estimada da tarefa m ;

u_2 – é a incerteza padrão devido ao equipamento usado na medição da tarefa m ;

u_3 – é a incerteza padrão devido à seleção imperfeita da posição do microfone para a tarefa m ;

$c_{1a,m}$ e $c_{1b,m}$ – são os coeficientes de sensibilidade correspondentes à tarefa m ;

M – é o número total de tarefas.

A incerteza expandida é $U = 1,6^* \times \mu$.

Sendo o valor de 1,6 definido como o factor de expansão.

NOTA 1 – Devido à relação linear entre o nível sonoro medido e a estimativa para o nível sonoro, os resultados da Equação (2.15) em que a amostragem dos coeficientes de sensibilidade, equipamentos de medição e a incerteza padrão da amostragem do nível sonoro são os mesmos. Assim, podemos escrever $c_{2,m} = c_{3,m} = c_{1a,m}$.

NOTA 2 – A Equação (2.15) é estritamente válida para casos onde os níveis de pressão sonora equivalentes contínuos M , de malha de ponderação A , são determinados através da utilização de diferentes equipamentos para cada medição. No entanto, e uma vez que grandes contribuições da incerteza de medição, tais como os equipamentos de medição que influenciam o nível de linearidade, a frequência de resposta do microfone, o ângulo de incidência sonora e a ponderação espectral, deverá ser diferente em posições de campos sonoros diferentes para os mesmos equipamentos de medição, presume-se que a Equação (2.15) é a adequada.

A contribuição correspondente a essa incerteza que é mostrado na Tabela 8.

Quantidade	Estimativa ¹⁾	Incerteza padrão u_i	Distribuição de probabilidade	Coefficiente de sensibilidade c_i	Contribuição da incerteza $c_i u_i$ em dB
$L_{PAeq,T,m}$	Média da energia de medição $L_{PAeq,T,m}$ para a tarefa m	$u_{1a,m}$ para cada tarefa, para ser determinado pela Equação (2.18)	Normal	$c_{1a,m}$ para cada tarefa, para ser determinada pela Equação (2.16)	$c_{1a,m} u_{1a,m}$ 1 valor por tarefa
T_m	Valor estimado para a duração da tarefa T_m	$u_{1b,m}$ para cada tarefa, para ser determinado pela Equação (2.20)	Normal	$c_{1b,m}$ para cada tarefa, para ser determinada pela Equação (2.17)	$c_{1b,m} u_{1b,m}$ 1 valor por tarefa
K_2	0	u_2 é dada pela (tabela 11)	Normal	$c_{2,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{2,m}$
$K_3^{1)}$	0	u_3 é dada em (tabela 11)	Normal	$c_{3,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{3,m}$
1) É esperado que K_3 deverá estar dentro dos limites de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar, a média estimada de K_3 é igual a zero. A incerteza padrão associada para posições de medição u_3 é assumida para cobrir esta incerteza extra.					

Tabela 10 – A contribuição da incerteza baseado no método da tarefa.

4.7.6 Cálculo da incerteza padrão combinada, μ , e da incerteza expandida,

U

Para o método baseado na tarefa, os coeficientes de sensibilidade são as seguintes:

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{pAeq,T,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{\frac{L_{pAeq,T,m}^* - L_{EX,8h}}{10}} \quad \text{Equação 4.16}$$

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_m} = 4,34 \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad \text{Equação 4.17}$$

A incerteza padrão, $u_{1a,m}$, devido à amostragem do nível sonoro para a tarefa m é dada por:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{pAeq,T,mi} - \overline{L_{pAeq,T,m}})^2 \right]} \quad \text{Equação 4.18}$$

Onde,

$\overline{L_{pAeq,T,m}}$ – é a média aritmética da medição dos níveis de pressão sonora equivalentes contínuos, com malha de ponderação A, da tarefa m , i.e.

$$\overline{L_{pAeq,T,m}} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I L_{pAeq,T,mi} \quad \text{Equação 4.19}$$

I – é o número total de amostras de nível sonoro por tarefa.

A incerteza padrão, $u_{1b,m}$, devido à duração da tarefa m pode ser estimada através de meios adequados ou calculada a partir da duração da medição a seguir apresentada:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{j,m} - T_m)^2 \right]} \quad \text{Equação 4.20}$$

Onde,

J – é o número total da duração das amostras das tarefas

Tipo de equipamento de medição	Incerteza padrão u_2 Em dB
Sonómetro de classe 1, conforme especificado na IEC 61672-1	0,5
Medidor de exposição sonora pessoal, conforme especificado na IEC 61252	1,0
Sonómetro de classe 2, conforme especificado na IEC 61672-1	1,0

Tabela 11 – Incerteza padrão u_2 do equipamento de medição

NOTA – A incerteza padrão listada na Tabela 7 é válida apenas para $L_{pAeq,T}$. A incerteza para L_{pico} poderá ser consideravelmente mais elevada.

A incerteza padrão devido à selecção imperfeita das posições de medição u_3

A incerteza padrão u_3 devido à selecção imperfeita das posições de medição é 1,0 dB.

4.8 Metodologia de recolha de dados para amostragem

A metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho pode ser esquematizada do seguinte modo:

1. Levantamento de dados sobre as empresas referentes ao número de trabalhadores, locais de trabalho e número de horas trabalhadas de acordo com a actividade desenvolvida;
2. Medições dos níveis de pressão sonora dos postos de trabalho das empresas e determinação dos valores de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído para um período normal de trabalho diário de oito horas;
3. Avaliação dos locais de trabalho onde existe exposição ao ruído e verificação dos meios de protecção utilizados, assim como a sua correcta implementação em cada uma das empresas.

A metodologia caracterizou-se, essencialmente, pelo desenvolvimento de contactos com as empresas, no âmbito dos serviços que vêm a ser prestados pela CONSULGES, LDA na área de Segurança e Higiene do Trabalho, em cada uma das empresas, de forma a estabelecer parcerias de colaboração.

Estas acções consistiam basicamente na explicação das metodologias e, em especial, no contributo, em termos de prevenção, que este projecto poderia representar para os trabalhadores, em particular, e para as empresas em geral. Os interlocutores preferenciais destes contactos foram, em primeira instância, as Direcções das empresas e, em seguida, as pessoas responsáveis em cada uma das empresas pelo acompanhamento dos serviços de Segurança e Higiene do Trabalho.

Um aspecto fulcral da metodologia é a garantia de total confidencialidade dos resultados de estudo obtidos.

Seguidamente são apresentadas, com maior detalhe, cada uma das fases da metodologia, bem como a pormenorização dos aspectos a analisar.

4.8.1 Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído

Um dos pontos principais da metodologia utilizada consistiu em determinar, com precisão, a exposição ao ruído dos trabalhadores envolvidos no estudo. Assim, numa fase inicial, foram realizadas medições dos níveis de exposição pessoais diários ($L_{EX,8h}$) relativos a cada um dos trabalhadores. Para tal, deslocou-se até às empresas uma equipa do Laboratório de Acústica e Vibrações da CONSULGES (acreditado pelo IPAC n.º Identificação L0447, depois de definir os postos de trabalho e o número de trabalhadores em cada um deles, conforme “MODELO – Distribuição dos Trabalhadores - Hora/Posto de Trabalho” (Anexo I), procedia às respectivas medições. A selecção da amostra teve em consideração os níveis medidos, uma vez que se pretendia que esta fosse exclusivamente constituída por trabalhadores considerados expostos, isto é, cujos níveis de exposição diária excedessem o valor do nível de acção superior estipulado na legislação nacional, D.L. 182/2006.

Adicionalmente, foi efectuada uma medição dos níveis de pressão sonora das fontes mais importantes em cada posto de trabalho, com a caracterização espectral por bandas de oitava. Esta medição teve como objectivos a identificação das principais fontes sonoras nos postos de trabalho e o levantamento dos espectros mais frequentes, tendo em vista a selecção dos protectores adequados.

4.9 Metodologia de Medição

4.9.1 Equipamento de medição

Como equipamento de medição dos níveis de pressão sonora foi utilizado um **Sonómetro analisador**, Marca CESVA, modelo SC310, n. ° de série T224564, homologado pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), com o Boletim de Verificação N.º 245.70 / 08.815, pelo LABMETRO – Laboratório de Metrologia do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), de 31/12/2008 (de acordo com IEC 60804 e IEC 60651, para a classe de exactidão 1) e Certificado de Calibração n.º CAC591/2008, pelo – Laboratório de Metrologia do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), de 31/07/2008 (Caracterização de filtros passa-banda - IEC 1260).

Foi efectuada a verificação do sonómetro antes e após as medições, com um calibrador da mesma marca, modelo CB-5, n. ° de série 040973, foram aplicadas as correcções de pressão a **campo livre** do microfone a 1 kHz e as correspondentes à Influência da pressão atmosférica, temperatura e humidade no calibrador. A correcção de pressão campo livre a 1 kHz dos microfones **GESV C130** e **C-250** é de 0,1 dB. Isto é, o SC310 foi ajustado a 93,9 dB.

Para a análise de frequência foi utilizado o mesmo sonómetro.

4.9.2 Método de medição

Nas medições utilizaram-se o sonómetro já referido, que foi colocados em tripés.

As medições foram realizadas no posto de trabalho, sempre que possível, na ausência do trabalhador, com a colocação do microfone na posição em que estaria a sua orelha mais exposta.

Quando a presença do trabalhador foi necessária, o microfone foi colocado a uma distância de entre 0,10m e 0,30m, em frente à orelha mais exposta do trabalhador;

A direcção de referência do microfone foi sempre que se possível, a do máximo ruído, determinado por um varrimento angular de microfone, em torno da posição de medição. Após as medições os resultados foram guardados na memória dos equipamentos de medição, e posteriormente transferidos para o computador e tratada a informação.

CAPÍTULO V
RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Condições de medição

As medições do ruído foram efectuadas durante o horário normal de trabalho, tendo em vista a obtenção de valores representativos da exposição real. Procurou-se que, durante a avaliação, os trabalhadores desempenhassem as suas tarefas usando os métodos e as cadências habituais, a fim de assegurar representatividade à avaliação

5.1.2 Legislação e Normalização

A legislação portuguesa aplicável resume-se ao Decreto-Lei n.º 182/2006, de 06 de Setembro, já referido, com apoio técnico nas cláusulas pertinentes **ISO/DIS 9612:2007 - Acoustics**.

O Decreto – Lei n.º 182/2006, de 06 de Setembro, estabelece no seu artigo 4º que “Nas actividades susceptíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, o empregador deve avaliar e, se necessário, medir os níveis de ruído a que os trabalhadores se encontram expostos.”

Segundo o artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 06 de Setembro, Ponto 2 —“ A avaliação de riscos é actualizada sempre que haja alterações significativas, nomeadamente a criação ou a modificação de postos de trabalho, ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação”.

Ponto 3 – “Sem prejuízo do referido no número anterior, sempre que seja atingido ou excedido o valor de acção superior, a periodicidade mínima da avaliação de riscos é de um ano”.

Para cálculo da estimativa das incertezas, o laboratório utiliza a versão Draft da ISO/DIS9612 – “Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Engineering method”, considera como factor de expansão o valor de 1,6 referido na mesma norma.

Nota: A 01-04-2009 a ISO/DIS9612 foi substituída pela IS 9612:2009 (E) - Acoustics — “Determination of occupational noise exposure - Engineering method”.

Existindo como principais alterações ao nível do cálculo das incertezas:

- A incerteza expandida é $U = 1,65^* \times \mu$. Sendo o valor de 1,65 definido como o factor de expansão.
- Incerteza padrão u_2 do equipamento de medição passou a ser em vez de 0,5 para o valor de 0,7.

5.1.3 Caracterização da Amostra

Quanto às empresas que colaboraram neste estudo, optou-se pela não associação entre os dados apresentados e a empresa de onde eram provenientes.

Tal procedimento deve-se, por um lado, à solicitação de algumas empresas e, por outro, por se entender que esta identificação não seria relevante para a análise em questão.

As empresas referidas são todas industriais, sendo as 7 do ramo têxtil e vestuário.

As tabelas seguintes mostram alguns dados adicionais de caracterização da amostra.

Empresa	N.º Total de Trabalhadores	N.º de Trabalhadores Expostos	% de Trabalhadores Expostos	Idades (Anos)		Antiguidade na empresa	
				Média	dp	Média	dp
1	36	0	0	32,9	12,73	6,2	3,7
2	117	20	17	42	8	16	9
3	36	30	83	45	8,7	29	10,6
4	28	18	64	48,5	8,8	26,3	15,3
5	176	60	34	45	11,6	21,8	13,6
6	174	106	61	39,6	9,7	16,3	10,9
7	115	115	100	42	9,6	10	7,4

Tabela 12 – Dados de caracterização da amostra

Pela análise da tabela 12 é possível verificar que as empresas alvo do estudo relativamente à antiguidade dos trabalhadores nas respectivas empresas, verifica-se que, em geral, os trabalhadores apresentam um período de vínculo às empresas elevado (média de 17,9 anos). Em dois casos (empresas 3 e 4) os valores apresentados rondam os 30 anos, representando a quase totalidade do período profissional dos trabalhadores. Por outras palavras, a maioria dos trabalhadores inquiridos iniciou a sua actividade profissional na empresa em que actualmente labora.

5.1.4 Fotografia de Postos de Trabalho avaliados

As figuras 21 a 26 apresentam fotografias representativas de alguns dos postos de trabalho avaliados



Figura 21 – Imagem Tecelagem - Teares Rectilíneos



Figura 22 - Imagem Tecelagem – Teares Projétil



Figura 23 – Imagem Tecelagem – Teares Circulares



Figura 24 – Imagem Bobinadeiras

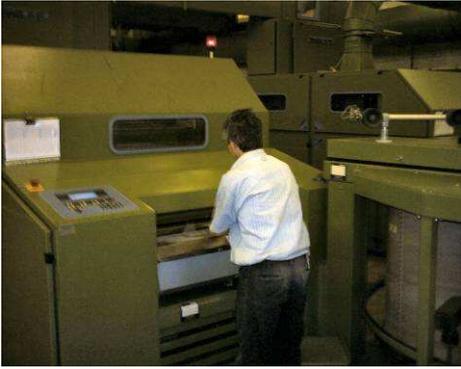


Figura 25 – Imagem Fiação - Cardas



Figura 26 – Imagem Fiação – Open-End

5.1.5 Resultados Obtidos

Na tabela 13 apresentam-se os valores de L_{AeqsTe} e L_{Cpico} , resultante da avaliação do nível de ruído efectuada às máquinas/ postos de trabalho.

A caracterização dos locais de trabalho é efectuada de acordo com a informação fornecido pela empresa e/ou pelos trabalhadores.

Apresentam-se apenas os valores tendo em conta os postos de trabalho onde existe exposição dos trabalhadores ao ruído.

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L_{Aeq} (dB (A))	L_{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L_{EX, 8h} (dB(A))	L_{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L_{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L_{EX, 8h, efect} (dB(A))
1	Produção - Teares Circulares	Produção - Tear Circular (07) - Zona 1	87,3	102,2	1	83,4	102,2	1,1	84,5	56,0
		Produção - Tear Circular (05) - Zona 2	81,6	101,6	1,5					
		Produção - Tear Circular (31) - Zona 3	83,3	102,6	1,5					
		Produção - Tear Circular (26) - Zona 4	80,2	101,7	1,5					
		Produção - Tear Circular (09) - Zona 5	79,9	101	1,5					
		Produção - Tear Circular (24) - Zona 6	85,8	101	1					

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L _{Aeq} (dB (A))	L _{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L _{EX, 8h} (dB(A))	L _{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L _{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L _{EX, 8h, efect} (dB(A))
2	Tecelagem	Tecelagem - Teares 1	93,1	111,5	4	94,5	111,5	1,7	96,2	72,3
		Tecelagem - Teares 2	95,6	112,7	4					
3	Tecelagem - Projéctil	Tecelagem - Teares Projéctil 1	95,7	115,1	4	95,9	115,1	1,6	97,5	70,9
		Tecelagem - Teares Projéctil 2	96,1	114,3	4					
3	Retrocedores	Retrocedores (1 e 2)	97,8	113,1	4	97,6	113,1	1,6	99,2	71,4
		Retrocedores (3 e 4)	97,4	111,9	4					
	Tecelagem - Pinças	Tecelagem - Teares Pinças 1	98,7	116	4	99,2	116,0	1,6	100,8	75,3
		Tecelagem - Teares Pinças 2	99,6	116,6	4					

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L _{Aeq} (dB (A))	L _{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L _{EX, 8h} (dB(A))	L _{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L _{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L _{EX, 8h, efect} (dB(A))
4	Zona de Open-End (novos)	Open- End 10E004	88,9	102,4	4	90,3	102,4	1,7	91,9	69,2
		Open-End 10E006	91,3	105,4	4					
	Zona de Open End (Anigos)	Open-End 10E003	90,4	107,2	2,6	90,9	107,2	1,3	92,2	69,8
		Open-End 10E002	91,5	107,9	2,8					
		Open-End 10E001	90,7	108,5	2,6					
	Secção de Batedores	Abertura de Fardos	78,2	101,8	2	87,6	101,8	1,3	88,9	73,8
		Batedor - Mistura	88,5	108,2	2					
		Batedor - Limpeza	89,3	109,1	2					
		Abertura de Fardos	78,2	101,8	2					
	5	Tecelagem - Teares	Tecelagem - Teares Jackards 1	92,7	111	4	91,5	111,0	1,8	93,2

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L _{Aeq} (dB (A))	L _{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L _{EX, 8h} (dB(A))	L _{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L _{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L _{EX, 8h, efect} (dB(A))
	Jackards	Tecelagem - Teares Jackards 2	89,7	109,3	4					
5	Tecelagem - Teares Verticais	Tecelagem - Teares Verticais 1	96,5	114	1,6	96,3	114,0	1,0	97,3	78,6
		Tecelagem - Teares Verticais 2	96,2	112,9	1,6					
		Tecelagem - Teares Verticais 3	94,7	112,4	1,6					
		Tecelagem - Teares Verticais 4	97,8	114,4	1,6					
		Tecelagem - Teares Verticais 5	95,4	113,6	1,6					
6	Bobinagem	Bobinadeiras	86,8	107,3	8	86,8	107,3	2,6	89,4	57,8
	Confecção	Corte Transversal Manual	85,4	115,9	8	85,4	115,9	2,3	87,7	52,1
	Tecelagem	Tecelagem - Tear	100,4	112,6	1,6	100,3	112,6	1,0	101,3	73,6

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L _{Aeq} (dB (A))	L _{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L _{EX, 8h} (dB(A))	L _{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L _{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L _{EX, 8h, efect} (dB(A))
		Jackard - Linha 1								
		Tecelagem - Tear Jackard - Linha 2	100,1	116,5	1,6					
		Tecelagem - Tear Jackard- Linha 3	99,7	116	1,6					
		Tecelagem - Tear c/ Maquineta - Linha 3	100,6	116,5	1,6					
		Tecelagem - Tear c/ Maquineta - Linha 2	100,5	117	1,6					
7	Fiação 1	Carda C4 (7)	87,7	107,7	3	87,9	107,7	1,3	89,3	62,8
		Carda C4 (10)	88,4	105,8	3					
		Cardas C60	87,4	103,4	2					
	Fiação 1	Laminadores (4 e 6)	89,4	105	4	88,8	105,0	1,6	90,4	60,0

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L _{Aeq} (dB (A))	L _{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L _{EX, 8h} (dB(A))	L _{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L _{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L _{EX, 8h, efect} (dB(A))
		Laminadores (SB-D-40)	88,2	103,8	4					
7	Fiação 1	Open-End (1 e 2)	94,6	108,5	4	94,7	108,5	1,6	96,3	63,5
		Open-End (4 e 5)	94,7	108,6	4					
	Fiação 1	Juntadeira	90,6	108,4	8	90,6	108,4	2,3	92,8	61,5
	Fiação 2	Batedores / Unibloco	87,2	106,4	8	87,2	106,4	2,3	89,5	62,1
		Cardas C4(8-9)	89,0	110	3	88,8	110,0	1,3	90,1	62,6
		Cardas C51 (1-5)	88,3	105,7	3					
		Cardas C4 (11)	89,0	106,2	2					
		Laminador (4)	88,8	106,1	8	88,8	106,1	2,3	91,1	60,5
		Open-End (7 e 8)	93,8	108,2	3	93,8	108,2	1,4	95,2	63,7
		Open-End (10 e 9)	94,5	109	3					
Open-End (11 e	92,1	113	2							

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L _{Aeq} (dB (A))	L _{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	L _{EX, 8h} (dB(A))	L _{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	L _{EX, 8h} (dB (A)) Maximizado	L _{EX, 8h, efect} (dB(A))
		12)								
		Retrocedores (3 e 4)	96,9	111,8	4	96,4	111,8	1,6	98,0	67,8
		Retrocedores (1 e 2)	95,8	111	4					
	Fiação 3	Bobinadeira (1 e 2)	89,7	108,1	4	89,7	108,1	1,6	91,3	71,1
		Bobinadeira (4)	89,8	106	4					
	7	Fiação 3	Laminador (1)	86,6	107,7	8	86,6	107,7	2,3	88,9
Contínuos (2 e 3)			91,0	107,2	4	91,0	107,2	1,6	92,6	63,1
Contínuos (4 e 5)			91,0	111	4					
Penteadeira (3)			88,6	107,6	8	88,6	107,6	2,3	90,8	62,1
Torce			87,6	105,4	8	87,6	105,4	2,3	89,8	61,6
Sala de		Enfardamento de	91,9	110,4	8	91,9	110,4	2,3	94,2	66,4

Empresa	Função do Trabalhador (Categoria Profissional)	Designação dos Locais de Trabalho	L_{Aeq} (dB (A))	L_{Cpico} (dB(C))	Tempo de exposição (h/dia)	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	L_{Cpico} (dB(C))	Valor da Incerteza expandida	$L_{EX, 8h}$ (dB (A)) Maximizado	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
	Recuperação	poeiras de algodão								
	Bobinagem	Bobinadeira (2)	88,0	109	4	87,7	109,0	1,6	89,3	62,0
	Fio Cru	Bobinadeira (1)	87,4	107,9	4					
	Bobinagem	Bobinadeira Fio Tinto (1 e 2)	89,0	106,6	4	89,1	106,6	1,6	90,7	61,9
	Fio Tinto	Bobinadeira Fio Tinto (3 e 4)	89,1	110	4					

Tabela 13 - Valores de $L_{Aeq,Te}$ e L_{Cpico} , resultantes da avaliação do nível de ruído efectuada às máquinas/ postos de trabalho

Para as condições verificadas e expostas na tabela 13, foi determinado a distribuição dos trabalhadores aos valores limites de exposição e valores de acção conforme o artigo 3º do Decreto-Lei n.º 182/2006, segundo as Tabelas 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20, por empresa.

Empresa 1:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \leq 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \leq 135 \text{ dB (C)}$	15
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} > 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} > 135 \text{ dB (C)}$	18
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \geq 85\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 137 \text{ dB (C)}$	0
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,effect} \text{ dB(A)} \geq 87\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 140 \text{ dB (C)}$	0
TOTAL		36

Tabela 14 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 1.

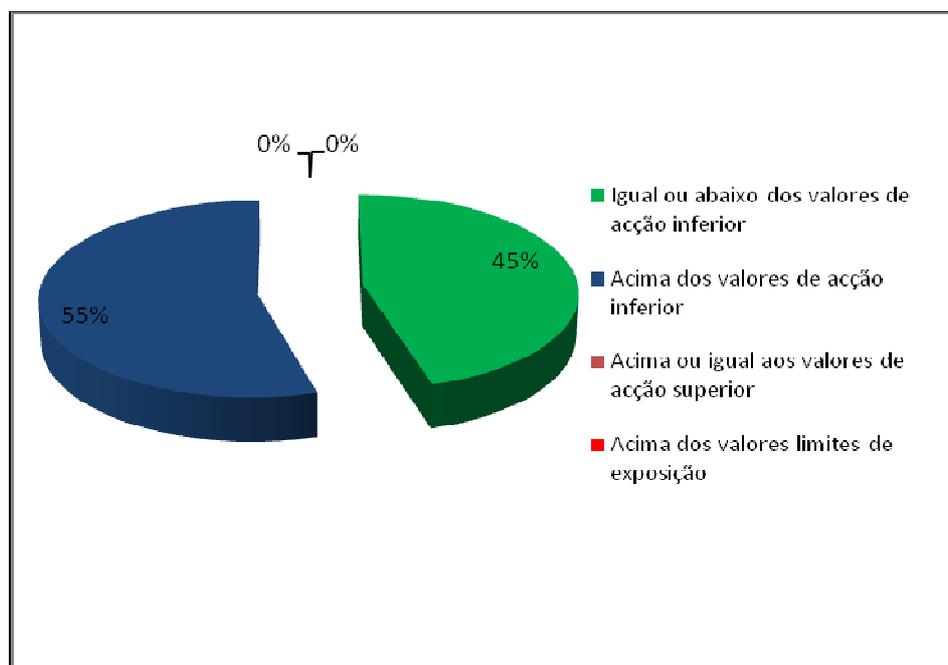


Gráfico 1 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 36 trabalhadores, não sendo encontrados valores de ruído superiores aos níveis de acção superior de 85 dB(A), mas apenas níveis considerados acima do níveis de acção inferior de 80 dB(A).

Empresa 2:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \leq 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \leq 135 \text{ dB (C)}$	81
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} > 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} > 135 \text{ dB (C)}$	16
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \geq 85\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 137 \text{ dB (C)}$	20
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,efect} \text{ dB(A)} \geq 87\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 140 \text{ dB (C)}$	0
TOTAL		117

Tabela 15 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 2.

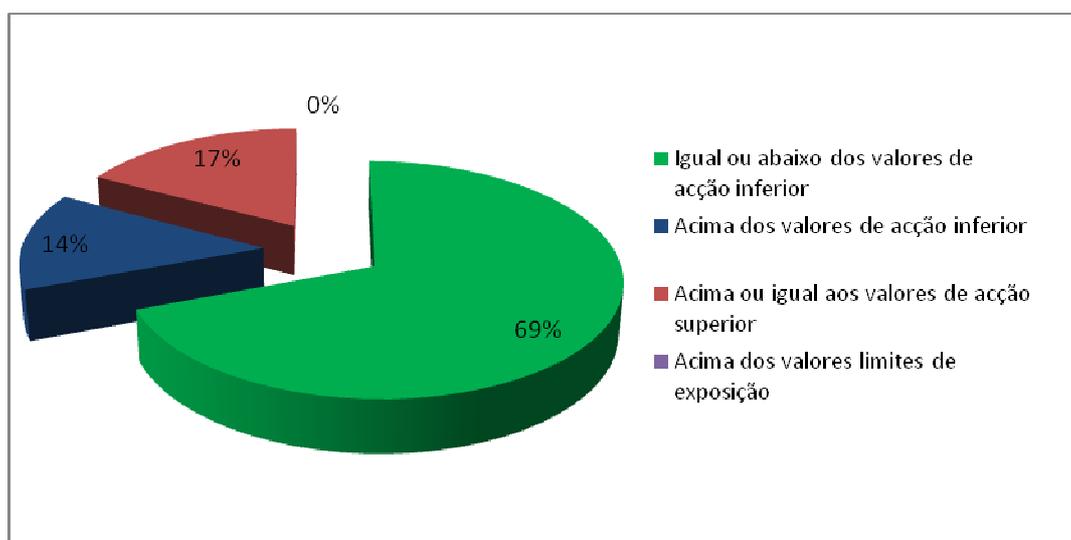


Gráfico 2 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 117 trabalhadores, sendo encontrados valores de ruído superiores ao nível de acção superior de 85 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 17%, e encontrados valores acima dos níveis do níveis de acção inferior de 80 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 12%.

Empresa 3:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \leq 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \leq 135 \text{ dB (C)}$	5
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} > 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} > 135 \text{ dB (C)}$	1
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \geq 85\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 137 \text{ dB (C)}$	30
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,efect} \text{ dB(A)} \geq 87\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 140 \text{ dB (C)}$	0
TOTAL		36

Tabela 16 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 3.

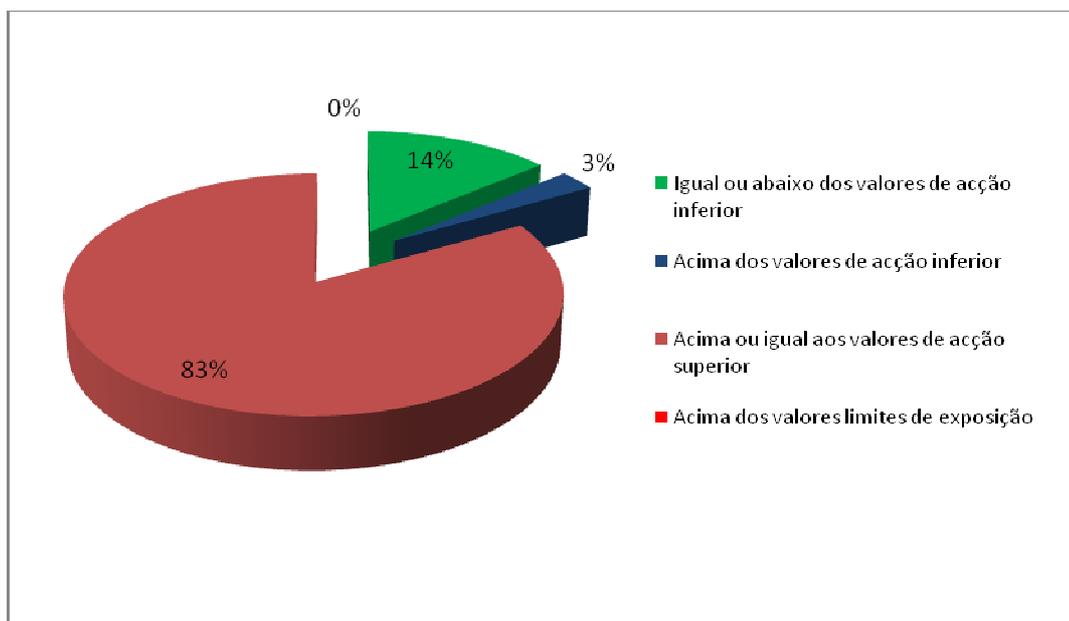


Gráfico 3 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 36 trabalhadores, sendo encontrados valores de ruído superiores ao nível de acção superior de 85 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 83%, e encontrados valores acima dos níveis do níveis de acção inferior de 80 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 3%.

Empresa 4:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h}$ dB(A) \leq 80dB ou L_{Cpico} \leq 135 dB (C)	8
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h}$ dB(A) $>$ 80dB ou L_{Cpico} $>$ 135 dB (C)	2
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h}$ dB(A) \geq 85dB ou L_{Cpico} \geq 137 dB (C)	18
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,efect}$ dB(A) \geq 87dB ou L_{Cpico} \geq 140 dB (C)	0
TOTAL		28

Tabela 17 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 4.

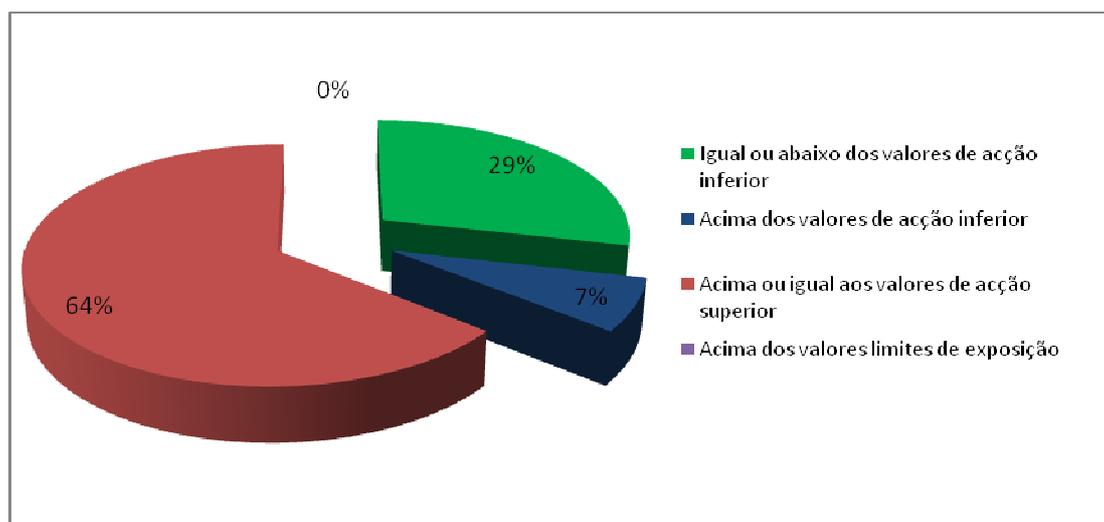


Gráfico 4 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 28 trabalhadores, sendo encontrados valores de ruído superiores ao nível de acção superior de 85 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 64%, e encontrados valores acima dos níveis do níveis de acção inferior de 80 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 7%.

Empresa 5:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h}$ dB(A) \leq 80dB ou L_{Cpico} \leq 135 dB (C)	103
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h}$ dB(A) $>$ 80dB ou L_{Cpico} $>$ 135 dB (C)	13
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h}$ dB(A) \geq 85dB ou L_{Cpico} \geq 137 dB (C)	60
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,efect}$ dB(A) \geq 87dB ou L_{Cpico} \geq 140 dB (C)	0
TOTAL		176

Tabela 18 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 5.

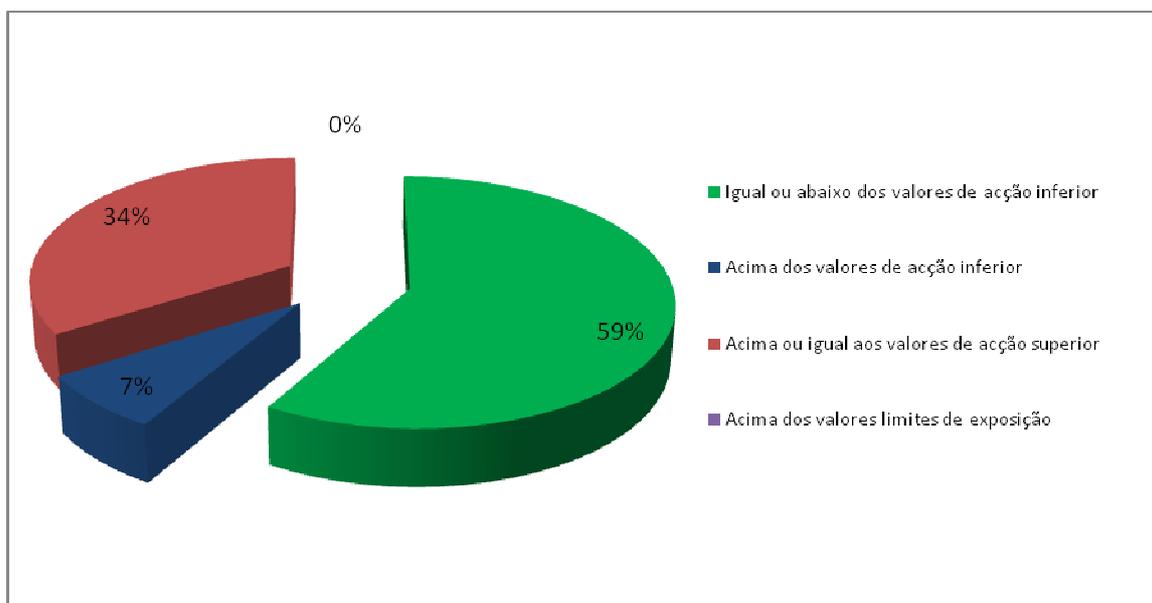


Gráfico 5 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 176 trabalhadores, sendo encontrados valores de ruído superiores ao nível de acção superior de 85 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 34%, e encontrados valores acima dos níveis do níveis de acção inferior de 80 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 7%.

Empresa 6:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h}$ dB(A) \leq 80dB ou L_{Cpico} \leq 135 dB (C)	5
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h}$ dB(A) $>$ 80dB ou L_{Cpico} $>$ 135 dB (C)	63
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h}$ dB(A) \geq 85dB ou L_{Cpico} \geq 137 dB (C)	106
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,efect}$ dB(A) \geq 87dB ou L_{Cpico} \geq 140 dB (C)	0
TOTAL		174

Tabela 19 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 6.

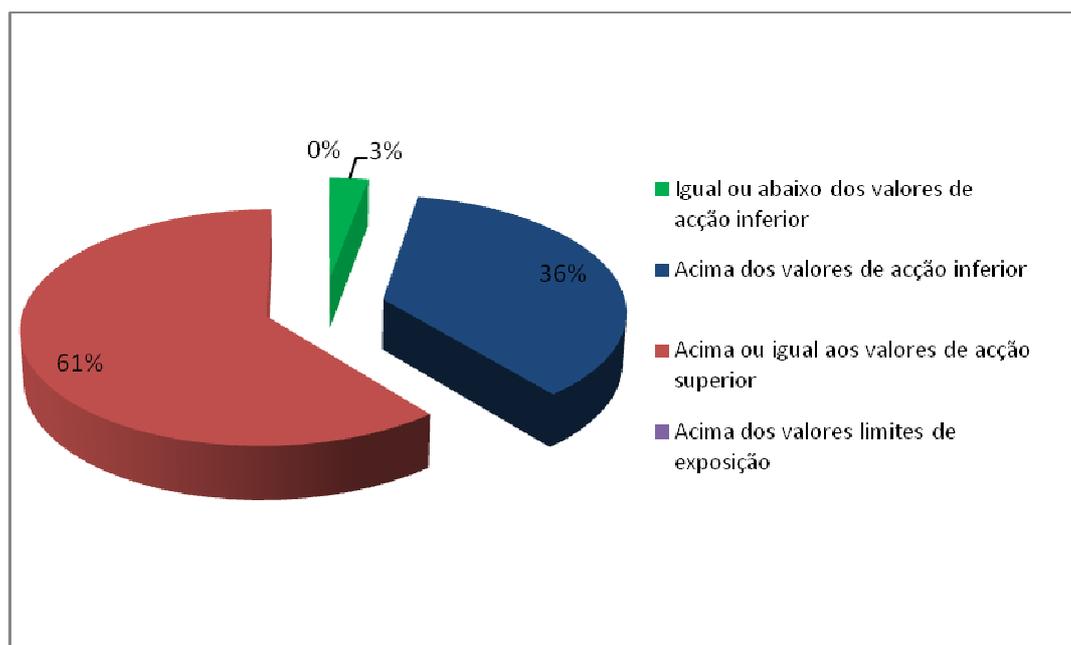


Gráfico 6 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 174 trabalhadores, sendo encontrados valores de ruído superiores ao nível de acção superior de 85 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 61%, e encontrados valores acima dos níveis do níveis de acção inferior de 80 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 36%.

Empresa 7:

CARACTERIZAÇÃO DE EXPOSIÇÃO		N.º TRABALHADORES
Igual ou abaixo dos valores de acção inferior	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \leq 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \leq 135 \text{ dB (C)}$	0
Acima dos valores de acção inferior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} > 80\text{dB}$ ou $L_{Cpico} > 135 \text{ dB (C)}$	0
Acima ou igual aos valores de acção superior ²⁾	$L_{Ex,8h} \text{ dB(A)} \geq 85\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 137 \text{ dB (C)}$	115
Acima dos valores limites de exposição ¹⁾	$L_{Ex,8h,efect} \text{ dB(A)} \geq 87\text{dB}$ ou $L_{Cpico} \geq 140 \text{ dB (C)}$	0
TOTAL		115

Tabela 20 – Identificação do número de trabalhadores distribuídos de acordo com níveis de ruído a que se encontram expostos, empresa 7.

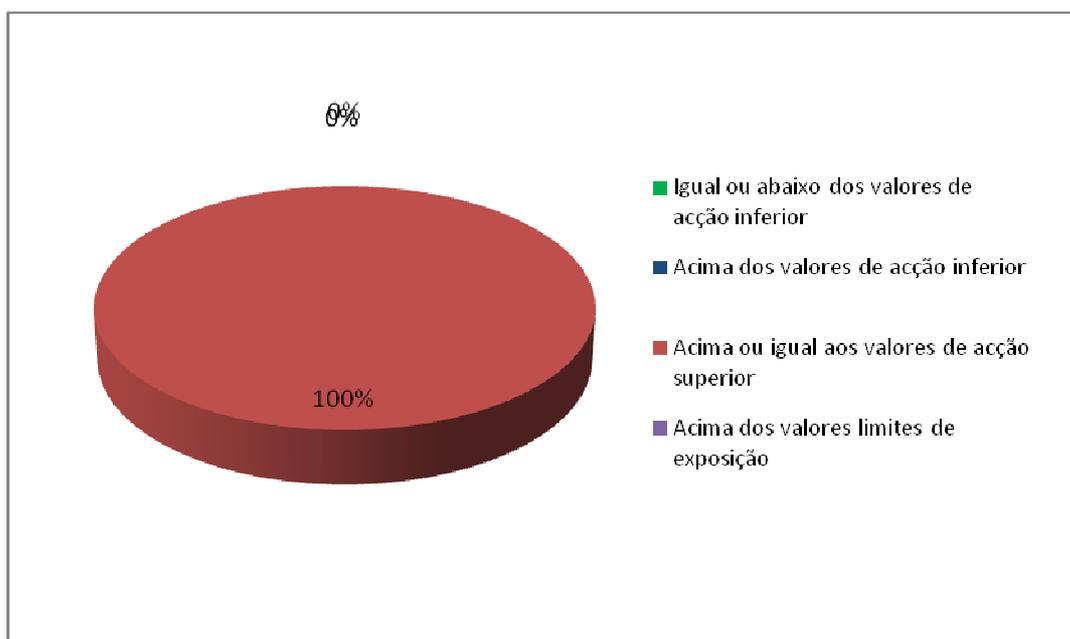


Gráfico 7 - % de trabalhadores distribuídos por níveis de exposição ao ruído

Nesta empresa foram avaliados os postos de trabalho de 115 trabalhadores, sendo encontrados valores de ruído superiores ao nível de acção superior de 85 dB(A), correspondentes a uma percentagem de 100%.

NOTA: 1) Para a aplicação dos valores limite de exposição, na determinação da exposição efectiva do trabalhador ao ruído é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protectores auditivos.

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

(1) e 2) conforme os n.ºs 2 e 3 do art.º 3 do Decreto - Lei n.º 182/2006).

Apresenta-se de seguida as características dos protectores auditivos utilizados para o cálculo de $L_{Ex,8h,efect. dB(A)}$, das empresas avaliadas.

Tendo em conta, o contaste no artigo 7.º, ponto 2, alínea a), do Decreto-Lei n.º 182/2006, as empresas avaliadas devem colocar à disposição dos trabalhadores protectores auriculares, existindo no entanto para as empresas 2, 3, 4, 5, 6 e 7, a obrigatoriedade do uso destes equipamentos, uma vez que os valores encontrados ultrapassam os valores de acção superiores. Neste contexto, seguem-se nas Tabelas 21, 22, 23, 24 e 25, características dos auriculares disponibilizados aos trabalhadores.

Empresa 1:

Neste caso o protector auditivo é da **Marca E.A.R. – Modelo EARSOFT**, conforme figura 27 abaixo:

Figura 27 – Protector auditivo Marca E.A.R.

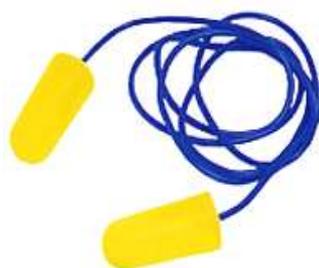


TABELA DE ATENUAÇÃO - MARCA CE (EN352-2)								
F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	29,2	30,8	36,1	39,2	39,5	35,8	42,1	46,1
Sf (dB)	6,0	6,5	6,7	4,7	3,9	4,9	3,1	3,3
APV (dB)	23,2	24,3	29,4	34,5	35,6	30,9	39,0	42,8
SNR = 36 dB; H = 34; M = 34; L = 31								

Tabela 21 - Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca E.A.R. – Modelo EARSOFT

Empresa 2:

Neste caso o protector auditivo da Marca 3M-Modelo 1435, conforme figura 28 abaixo:

Figura 28 – Protector auditivo Marca 3M



TABELA DE ATENUAÇÃO - MARCA CE (EN352-2)								
F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	12,8	11,6	17,2	21,7	30,4	29,2	35,4	34,4
Sf (dB)	4,7	3,5	2,7	3,1	3,4	4,2	4,1	4,6
SNR = 25 dB; H = 27;M = 22;L = 15								

Tabela 22 - Características técnicas do protector auricular, tipo abafador, Marca 3M – Modelo 1435

Empresa 3:

Neste caso o protector auditivo da Marca 3M – Modelo 1271, conforme figura 29 abaixo:

Figura 29– Protector auditivo Marca 3M



TABELA DE ATENUAÇÃO - MARCA CE (EN352-2)								
F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	26,6	27,7	28,4	29,5	29,6	35,6	35,4	38,9
Sf (dB)	9,4	9,9	10,9	9,6	8,2	6,8	9,6	6,7
SNR = 25 dB; H = 27;M = 22;L = 20								

Tabela 23 - Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca 3M – Modelo 1271

Empresas 4 e 5:

Neste caso o protector auditivo da Marca MODEP - Modelo RUN-RUN II, conforme figura abaixo:

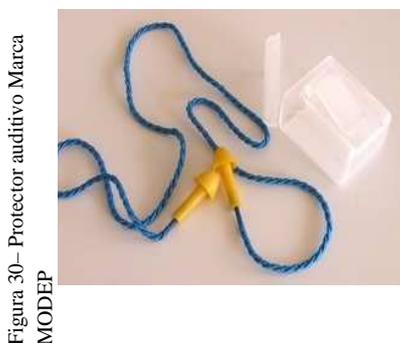


Figura 30 – Protector auditivo Marca MODEP

TABELA DE ATENUAÇÃO - MARCA CE (EN352-2)								
F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	22,9	23,5	21,1	21,3	24,1	31,6	32,6	32,3
Sf (dB)	5,9	5,8	5,1	5,4	4,4	4,8	4,1	6,5
SNR = 23 dB;H = 26;M = 20;L = 18								

Tabela 24 - Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca MODEP – Modelo RUN-RUN II

Empresas 6 e 7:

Neste caso o protector auditivo da Marca EAR - Modelo ULTRAFIT, conforme figura abaixo:



Figura 31 – Protector auditivo Marca EAR

TABELA DE ATENUAÇÃO - MARCA CE (EN352-2)								
F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8
Sf (dB)	6,0	7,4	6,6	5,3	5,0	3,2	6,0	6,4
SNR = 32 dB;H = 33;M = 28;L = 25								

Tabela 25 - Características técnicas do protector auricular, tipo tampão, Marca EAR – Modelo ULTRAFIT

5.2 DISCUSSÃO

Uma vez caracterizados os níveis de exposição dos trabalhadores ao ruído em 7 empresas do Têxtil e Vestuário, foi efectuada avaliação dessa mesma exposição, de acordo com os trabalhos/tarefas realizadas pelos diferentes trabalhadores em cada empresa, e de acordo com os tempos de exposição ao ruído (horários de trabalho). Para tal, foram seguidos os critérios regulamentares de avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído, baseados no Nível sonoro contínuo equivalente $L_{Aeq,Te}$ – corresponde ao nível sonoro contínuo equivalente ponderado A de um ruído num intervalo de tempo T_e , é expresso em dB(A), e outros critérios baseados no o nível da pressão sonora de pico, L_{Cpico} dB(C), ao nível de exposição sonora normalizado a 8 h nominais de trabalho diário, $L_{EX, 8h}$ dB(A), entre outros.

Foi possível observar que em 6 empresas foram encontrados níveis de exposição ao ruído acima do valor de acção superior de 85 dB (A), expresso na legislação nacional (D.L. n.º 182/2006). Obrigando a mesma legislação a que “nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos valores de acção superior, o empregador deve estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais.” Estes locais de trabalho devem estar sinalizados de acordo com a legislação aplicável à sinalização de segurança e saúde e ser delimitados e o acesso aos mesmos ser restrito, sempre que seja tecnicamente possível e o risco de exposição o justifique, devendo ainda colocar à disposição dos trabalhadores protectores auditivos individuais.

Tendo em conta que a maioria das indústrias têxteis como é o caso das avaliadas, não inovaram os seus stocks de máquinas e equipamentos disponíveis na produção das suas empresas, é quase impossível cumprir a alínea 3 do artigo 6.º do D.L. n.º 182/2006.

No entanto, verificou-se que todas disponibilizavam protectores auditivos para fornecer aos seus trabalhadores cumprindo, desta forma a alínea 2 do artigo 7.º do D.L. n.º 182/2006.

Com a aplicação do D.L. n.º 182/2006, assiste-se a um alargamento da responsabilidade da entidade empregadora.

Sobretudo se assegurado o cumprimento das suas disposições, que têm grande impacto na melhoria da saúde e da qualidade de vida dos trabalhadores expostos ao ruído.

Apesar dos custos associados, uma vez que quanto mais seguro e saudável for o ambiente de trabalho, menor será a incidência de acidentes de trabalho e de doenças

profissionais, sendo também expectável a diminuição dos índices de absentismo e o aumento da produtividade, assistir-se-á a médio prazo a uma tendência para o retorno do investimento, sendo de referir que haverá benefícios quantificáveis economicamente.

Mas interessa também investir na formação e informação dos trabalhadores, de forma a tentar-se a médio prazo alterar cultura que visa a prevenção e segurança dos trabalhadores, com a adopção de adequadas práticas de trabalho, nomeadamente a utilização de auriculares em locais com níveis de ruído nocivos.

CAPÍTULO VI
CONSIDERAÇÕES FINAIS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ruído estabelece uma causa de incómodo para o trabalho, dificulta as comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma e alterações fisiológicas extra-auditivas. O Decreto-Lei 182/2006 de 6 de Setembro estabelece o quadro geral de protecção dos trabalhadores contra os riscos decorrentes da exposição ao ruído durante o trabalho e aplica-se a todas as empresas. A avaliação da exposição diária ao ruído pelo trabalhador deve ser realizada periodicamente com periodicidade mínima anual sempre que seja atingido ou excedido o valor limite do nível de acção superior (85 dB). A avaliação do ruído deverá ser realizada por técnicos com a formação e competências adequadas. A avaliação do ruído deve ainda ser realizada com sonómetro e dosímetro de ruído devidamente calibrados e certificados. Na sequência da avaliação do ruído devem ser dimensionados os respectivos EPI (equipamento de protecção individual), os protectores de ouvido.

A entidade empregadora tem que fornecer equipamentos de protecção auditiva aos seus trabalhadores sempre que estes os requisitem ou quando estes estejam expostos a níveis de ruído compreendidos entre os valores inferior e superior de acção (80 dB (A) e 85 dB(A) respectivamente).

A entidade empregadora deve fornecer equipamento de protecção auditiva aos seus trabalhadores e garantir que estes o utilizam de forma adequada quando expostos a níveis de ruído acima do valor de acção superior 85dB (A).

Existem dois tipos de protector auricular:

- Os Auscultadores que cobrem completamente o ouvido;
- Os Auriculares que são inseridos no canal auditivo.

A escolha do tipo de protector auditivo a disponibilizar aos trabalhadores deve ser feita tendo em consideração os resultados obtidos na avaliação de ruído previamente realizada bem como as características específicas de cada protector dadas pelos fornecedores. O objectivo é manter o nível de exposição abaixo dos 85 dB(A) e assegurar que os protectores auditivos são compatíveis não só com o ambiente de trabalho bem como com o restante equipamento de protecção individual (capacetes, mascaras, óculos).

Os trabalhadores devem ser consultados acerca do modelo de protectores a adoptar. É por isso aconselhável que, se disponibilize uma gama de protectores auditivos aos

trabalhadores, ou seus representantes para a Segurança e Higiene no Trabalho, de modo a que estes possam escolher os que considerarem melhores. Poderão existir casos de trabalhadores que se sentem mais confortáveis com um determinado tipo de protector auricular e outros para os quais poderá não ser aconselhável a utilização de alguns protectores por motivos de saúde (aumento do risco de otites).

Deve garantir-se que os trabalhadores utilizam o equipamento de protecção auditiva sempre que necessário. Poderá incluir-se a necessidade de utilização do equipamento de protecção na política de segurança da empresa e garantir que é possível substituir prontamente o equipamento caso este, por qualquer motivo, se danifique. Pontualmente deve verificar junto dos trabalhadores se estes se encontram a usar o equipamento de protecção adequadamente.

Caso os trabalhadores persistam em não utilizar o equipamento deverá ser considerado seguir os procedimentos disciplinares vigentes na empresa, dado que a não utilização dos protectores auditivos pode colocar saúde do trabalhador em causa e a dos que o rodeiam, em risco.

Deve-se garantir que todos os elementos da gestão de topo dão um bom exemplo aos restantes colaboradores da empresa e utilizam os equipamentos de protecção auditiva sempre que circulam por zonas onde estes são obrigatórios.

Existem vários diplomas no enquadramento legislativo nacional que forcem os empregadores a tomar medidas preventivas e correctivas em relação aos factores de risco que possam afectar negativamente a saúde dos trabalhadores.

Desse conjunto o Decreto-Lei 182/2006 de 6 de Setembro trata exclusivamente o problema da exposição ao ruído durante o trabalho.

O Decreto-Lei 182/2006 transpõe para o enquadramento jurídico nacional a Directiva nº 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, acerca das prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

Apesar de este risco ser normalmente equacionado em meios ocupacionais, a verdade é que pouca importância se lhe tem dado, optando-se, geralmente, pela solução mais imediata, a adopção da protecção individual auditiva.

É possível retirar desta análise o facto de a grande importância do ruído em termos ocupacionais não se reflectir nas medidas levadas a cabo para diminuir a exposição dos trabalhadores.

De facto, como podemos ver pelos números apresentados, o ruído é um agente ocupacional com tendência crescente, a qual será, eventualmente, agravada, caso não sejam tomadas medidas e estabelecidos programas estruturados para a sua redução.

Todas as intervenções não poderão ser encaradas como acções pontuais, de curto prazo, mas antes inseridas na política geral da empresa, com efeitos visíveis de médio/longo prazo. Apesar de potencialmente muito variadas, desde a adopção de medidas técnicas à protecção individual, à formação de quadros e ao acompanhamento clínico, deverão ser sempre encaradas como um conjunto de acções concertadas e com objectivos convergentes. Por outras palavras, a intervenção no âmbito da redução da exposição ocupacional ao ruído deverá ser delineada no âmbito da política da empresa, e não como um conjunto de acções casuísticas e dispersas no tempo.

É, por isso, necessário apostar em diferentes medidas preventivas e não nos restringirmos à utilização generalizada da protecção individual auditiva, solução que é frequentemente adoptada pela sua relativa facilidade de implementação e baixo custo. Embora se possa pensar que esta solução resolverá, se não todo, parte do problema, tal não se confirma na prática, acresce o facto de a protecção auditiva ser pouco utilizada, mesmo nos casos em que é disponibilizada pela entidade empregadora.

Apesar de grande parte da resolução dos problemas poder estar associada a uma prevenção adequada, existe ainda muito a fazer neste domínio, designadamente no desenvolvimento de instrumentos de prevenção.

Assim, a pesquisa actual e futura deverá ser baseada na definição precisa de instrumentos eficientes, sejam eles métodos de avaliação da função auditiva, métodos de formação ou indicadores biológicos de susceptibilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] COELHO, J. L. Bento; Fradique, J. Moreira, H. F. Onofre; *Norma Portuguesa NP-1730*, Guia para Utilização, IPQ- Comissão de Laboratórios de Acústica, 1997
- [2] http://ec.europa.eu/news/employment/071009_2_pt.htm, 01 de Janeiro de 2008
- [3] CRANDELL, C. Gold, M. Hassel, M., Herr, C., Lee, H., Lehde, M. Siebein, G., J. Acoust. Soc. Am., Vol. 101 (5), Pilot studies of speech communication in elementary school classrooms, 1997
- [4] TLC – The Learning Company, Noise, Compton's Encyclopedia Online v3.0, Learning company Inc., disponível online em www.comptons.com/encyclopedia
- [5] BOEKER, E. e Grondelle, R.V.; *Environmental physics*, John Wiley & Sons, 1995
- [6] <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/tafner/cap3/cap3.htm>; Capítulo 3 – O som, 30 -05-2009
- [7] TIPLER, P.A., Física, Volume 2, 3.ª Ed., Guanabara Koogan S.A., 1991
- [8] SERWAY, R.A., Física 2, 3.ª Ed., Livros Técnicos e Científicos Editora, S.A. 1992
- [9] ELMOR, William C.; Heal, Mark A, *Physics of Waves* 1.ª Ed., Editora Dover, 1985
- [10] Norma Portuguesa NP-4361 Atenuação do Som na Propagação ao Ar Livre, 1997
- [11] LAMANCUSA, J. S.; 10. Outdoor sound Propagation, Noise Control, Penn State 20-7-2009
- [12] KINSLER, L.E.; Frey, A.R.; Coppens, A.B. e Sanders, J.V. *Fundamentals of Acoustics*, 3ª Ed., John Wiley & Sons, 1982
- [13] <http://www2.sfu.ca/sonic-studio/handbook/20-05-2008>
- [14] - <http://www2.sfu.ca/sonic-studio/handbook/>, 24 -12-2008
- [15] SEXTO, L. F.; *¿Cómo Elegir un Sonómetro?*; Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento; 2000;
- [16] GERGES, SAMIR N.Y. *Ruído: Fundamentos e Controle*, 1ª ed., Florianópolis, 1992
- [17] <http://www.nonoise.org>, 22 -07- 2008
- [18] Bruel & Kjaer. *Noise Control Principles and Practice*, Bruel & Kjaer, Denmark, 188-81
- [19] http://www.iambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=10141048&docs=10139110&cboui=10139110; Som Ruído e Incomodidade, 23-04-2009

- [20] FERNANDES, João C., “Acústica e Ruídos”, UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia, Lab. de Acústica e Vibrações, Setembro 2002
- [21] http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2959__AcusEdif_FC_Parte3.pdf, 20-06-2009
- [22] www.construcaomagazine.pt/xFiles/.../Albano%20Neves%20e%20Sousa.pdf, 20-06-2009
- [23] <http://www.univ-ab.pt/formacao/sehit/curso/ruído/uni3/consequencias4.html>, 20-05-2009
- [24] Facts57-PT, Edições da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, Belgium, 2005, disponível online em <http://osha.europa.eu/en/publications/factsheets>
- [25] Facts56-PT, Edições da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, Belgium, 2005, disponível online em <http://osha.europa.eu/en/publications/factsheets>
- [26] <http://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/56>, 20-05-2008
- [27] AREZES, Pedro Miguel, *Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído*, Tese submetida à Escola de Engenharia da Universidade do Minho para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção, 2002
- [28] Decreto – Lei n.º 182/2006, de 06 de Setembro que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, adoptou prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído
- [29] Bruel & Kjaer, *Measuring Sound*, Bruel & Kjaer, Denmark, 198-81
- [30] <http://147.162.36.50/cochlea/index.htm>, 20-10-2009
- [31] VIM, Vocabulário Internacional de Metrologia, Termos Fundamentais e Gerais, 3ª Ed., IPQ, 2005
- [32] EA-4/16, *Guidelines on the expression of uncertainty in quantitative testing*, Publication Reference EA, December 2003, rev00, disponível online em www.european-accreditation.org/content/news/publications.htm
- [33] EA-4/02, *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*, Publication Reference EA, December 1999, rev00, disponível online em www.european-accreditation.org/content/news/publications.htm
- [34] *Guia para a Expressão da Incerteza na Medição*, ed. 1, IPQ, 2005, disponível online em www.ipq.pt/

- [35] FERNANDES, João C., “*Avaliação da Perda de Audição Induzida por Ruído em Trabalhadores Expostos a Níveis Inferiores a 85 dB(A)*”, UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia, Lab. de Acústica e Vibrações, Setembro 2002
- [36] AUSTRALIA, Safety News – Hearing Protection: Sound Sense- Australia Safety News, April issue 2000
- [37]ISO/DIS 9612:2007 – Acoustics – “Measurement and calculation of occupational noise exposure – Engineering method”, Draft International Standard, Revision of first edition (ISO 9612:1997), 2007

ANEXOS

ANEXO I – MODELO REGISTO RUÍDO LABORAL

**ANEXO II – MODELO DISTRIBUIÇÃO DOS TRABALHADORES –
HORA/POSTO DE TRABALHO**

