universidad de león

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

TESIS DOCTORAL EN

HIGIENE, SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

Directores:

Profesor Doctor Javier Madera Garcia

Profesor Doctor Eurico José dos Santos Calado

Autor:

Rui Augusto Gonçalves Sardinha

León, noviembre 2015

universidad de león

INFORME DEL DIRECTOR DE LA TESIS

(Art. 11.3 del R.D. 56/2005)

El **Dr. D. Javier Madera Garcia** y el **Dr. D. Eurico dos Santos Calado**,

como Directores[1] de la Tesis Doctoral titulada

"DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA"

Realizada por Rui Augusto Gonçalves Sardinha, en el Departamento de Ciencias Biomédicas, informan favorablemente el depósito de la misma, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmamos, para dar cumplimiento al Art. 11.3 del R.D. 56/2005, en León a 15 de Enero de 2016

[1] Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar los datos de cada uno y han de firmar todos ellos.

universidad de león

ADMISIÓN A TRÁMITE DEL DEPARTAMENTO

(Art. 11.3 del R.D. 56/2005 y

Norma 7ª de las Complementarias de la ULE)

El Departamento de Ciencias Biomédicas en su reunión celebrada el día ____ de _____ de _____ ha acordado dar su conformidad a la admisión a trámite de lectura de la Tesis Doctoral titulada: "**Diseño e Implantación de un Sistema de Gestión del Ruido Ambiental en la Industria**", dirigida por el **Dr. D. Javier Madera Garcia** y **Dr. D. Eurico dos Santos Calado**, elaborada por **Rui Augusto Gonçalves Sardinha**.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al art. 11.3 del R.D. 56/2005, en León a _____ de _____ de _____.

El Secretario,

Fdo.: _____

Vº Bº

El Director del Departamento,

o.: _____

“Os ouvidos não têm pálpebras”

Décio Pignatari [2]

(1927-2012)

[2] Jundiaí, 20 de agosto de 1927 - São Paulo / Brasil, 2 de dezembro de 2012, foi escritor, publicitário, poeta, ator, ensaísta, professor e tradutor brasileiro.

Agradecimientos

Agradezco al Profesor Javier Madera Garcia, al Profesor Eurico dos Santos Calado, al Profesor José Gil Estevez por el apoyo y estímulo que me han dado en la elaboración de esta Tesis Doctoral; a la empresa Pais Matias, Lda. en Portugal, y al Ingeniero Pedro Casanova, por haberme permito el acceso a las instalaciones y así realizar los trabajos de campo.

Al Profesor Serafín de Abajo Olea y a todos los profesores de este programa de doctorado de la magnífica Universidad de León.

Al ISLA de Santarém por el valioso protocolo, con la emoción de su antiguo Presidente Dr. António Madeira quien me animó para este reto académico, a querida amiga Margarida Pombo y al siempre disponible Profesor António Godinho.

A mis compañeros del curso de doctorado por el apoyo, sugerencias y revisión de algunas materias de este trabajo.

A la Profesora Maria Rubio Ruiz por su ayuda en la revisión de la traducción al español de este trabajo y a la Profesora Aurora Narciso en los componentes de idioma en inglés.

A mi círculo de amigos, por la comprensión sobre mis ausencias sistemáticas a su solicitudes.

Un especial y sincero agradecimiento a Anita, mi mujer y compañera de la vida,

a Ana Filipa y João Francisco, mis queridos hijos,

por su presencia en la fuerza de apoyo entusiasta y por el enorme comprensión

en la capacidad de espera sobre el tiempo que no pude dedicar a ellos.

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Javier Madera Garcia, ao Professor Eurico dos Santos e ao Professor José Gil Estevez, pelo apoio e estímulo na elaboração desta Tese Doutoral, à empresa Pais Matias, Lda. em Portugal, e ao Eng. Pedro Casanova pela disponibilização das instalações para a realização dos trabalhos de campo.

Ao Professor Serafín de Abajo Olea e a todos os Professores deste programa de Doutoramento da magnífica Universidad de León.

Ao ISLA de Santarém pelo valioso protocolo, com emoção ao seu saudoso Presidente Dr. António Madeira que me incentivou para este desafio académico, à querida amiga Margarida Pombo e ao sempre disponível Professor António Godinho.

Aos meus colegas do curso de doutoramento pelo apoio, sugestões e revisão de algumas matérias deste trabalho.

À Professora Maria Rubio Ruiz pela sua ajuda na revisão da tradução para espanhol deste trabalho e à Professora Aurora Narciso nas componentes de língua inglesa.

Ao meu círculo de amigos pela compreensão sobre as minhas sistemáticas ausências às suas solicitações.

Um especial e sentido agradecimento à Anita, minha mulher e companheira da vida,

à Ana Filipa e ao João Francisco, meus queridos filhos,

pela sua presença em força de apoio entusiástico e pela enorme compreensão

em capacidade de espera sobre o tempo que não lhes consegui dedicar.

Resumen

El objetivo de la presente tesis es desarrollar y aplicar una metodología para la evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores debido a la exposición laboral al ruido en la industria metalúrgica.

Basado en la literatura disponible, se identifican los efectos negativos para la salud de los trabajadores expuestos al ruido, de acuerdo con los tipos y niveles de exposición a la que están sometidos, y se caracterizan las actividades, los métodos y equipos.

Se analizan las implicaciones jurídicas derivadas de las directivas europeas y la legislación portuguesa, relativas a la protección de la salud de los trabajadores, a la evaluación del riesgo de la exposición al ruido y a las medidas de prevención y protección más adecuadas.

Este ensayo identifica y caracteriza principalmente las situaciones en una sola planta en la industria de fabricación de los sistemas de cercas metálicas, donde se pueden producir niveles significativos de la exposición al ruido en distintos lugares de trabajo. Las exposiciones se midieron en varios lugares de trabajo en la actual planta de trabajo.

Con el fin de alcanzar una etapa de automatización conceptual para poder obtener este tipo de información en tiempo real procedente de diferentes lugares de trabajo, se propone un modelo conceptual para un sistema de adquisición, registro y tratamiento analítico de señales sonoras, mediante el uso de mapas y gráficos con información estadística y de la influencia del ruido en el espectro de frecuencias.

Se evalúa la exposición laboral causada por el ruido, y en función de los resultados obtenidos, se estudian y se proponen medidas de prevención y de protección que puedan minimizar el riesgo de exposición de los trabajadores al ruido. Esas acciones propuestas incluyen: la colocación de blindajes, medidas de ingeniería y de organización del trabajo y de protección individual de los trabajadores.

Una vez que el sistema conceptual puede proporcionar información valiosa sobre los espectros de frecuencia en lugares de trabajo claramente identificados, se pueden ajustar o reparar partes específicas de la maquinaria implicada, para disminuir o modificar estos componentes espectrales.

PALABRAS CLAVE: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA; MEDICIONES; CALIBRACIÓN; ADQUISICIÓN; REGISTRO; SEÑALES SONORAS; NIVELES DE PRESIÓN SONORA; CURVAS DE PONDERACIÓN; MONITORIZACIÓN; SIMULACIÓN; MAPAS DE RUIDO; ANÁLISIS ESPECTRAL; EXPOSICIÓN PERSONAL DIARIA AL RUIDO; PÉRDIDAS AUDITIVAS; ACÚSTICA INDUSTRIAL; LEGISLACIÓN; NORMAS; CONTROL; PREVENCIÓN; PROTECCIÓN INDIVIDUAL Y COLECTIVA.

Abstract

The objective of the present thesis is to develop and implement a methodology for evaluating health risks to workers due to occupational exposure to noise in the metalworking industry.

Based on the available literature, in this paper the negative effects on the health of workers exposed to noise are identified, according to the types and levels of exposure to which they are subjected, and the activities, the methods and equipment are also characterized.

The legal implications resulting from EU directives and Portuguese legislation, concerning the health protection of workers, the assessment of exposure risk to noise and the most suitable prevention and protection measures, are analyzed.

This essay primarily identifies and characterizes situations at a single plant at the manufacturing industry of metallic fences systems, where significant levels of exposure to noise may occur in various workplaces. Exposures were measured in various workplaces at the actual working plant.

In order to achieve this objective, a conceptual automation system stage, capable of getting this kind of real-time information coming from different places of work is developed. It is proposed a conceptual model for the acquisition system, recording and analytical treatment of sound signals, using maps and graphics with statistical information and the noise influence on the frequency spectrum.

The occupational exposure to noise is also analyzed. As a result of the application of the conceptual automation system, and depending on the levels of observed results, some preventive and protection measures were studied and proposed in order to minimize the risk of worker's exposure throughout engineering techniques, work organization and individual protection measures.

Since the conceptual system can provide valuable information on the frequency spectra at pin-pointed working benches, one can adjust or repair specific parts of the involved machinery in order to diminish or modify those spectra components.

KEYWORDS: GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS; MEASUREMENTS; CALIBRATION; ACQUISITION; REGISTRATION; AUDIBLE SIGNALS; SOUND PRESSURE LEVELS; WEIGHTING CURVES; MONITORING; SIMULATION; NOISE MAPS; SPECTRUM ANALYSIS; PERSONAL DAILY EXPOSURE TO NOISE; HEARING LOSS; INDUSTRIAL ACOUSTIC; LAWS; NORMS; CONTROL; PREVENTION; COLLECTIVE AND INDIVIDUAL PROTECTION.

Resumo

O objetivo do presente trabalho é desenvolver e implementar uma metodologia para avaliar os riscos para a saúde dos trabalhadores, decorrentes da exposição ocupacional ao ruído na indústria metalúrgica.

Com base na literatura disponível, neste trabalho são identificados os efeitos negativos sobre a saúde dos trabalhadores expostos ao ruído, de acordo com os tipos e níveis de exposição a que estão sujeitos, e são caracterizadas as atividades, os métodos e equipamentos.

São analisadas as implicações legais decorrentes das directivas comunitárias e da legislação portuguesa, relativas à protecção da saúde dos trabalhadores, à avaliação do risco de exposição ao ruído e às medidas de prevenção e de protecção mais adequadas.

Este ensaio identifica e caracteriza principalmente as situações numa única instalação para a indústria de fabricação de sistemas de cercas metálicas, onde os níveis significativos de exposição ao ruído podem ocorrer em vários locais de trabalho. As exposições foram medidas em vários locais de trabalho na fábrica de trabalho real.

Por forma a atingir-se um estágio de automatização conceptual que seja capaz de obter este tipo de informação em tempo real oriunda de diferentes locais de trabalho, propõe-se um modelo conceptual para o sistema de aquisição, registo e tratamento analítico de sinais sonoros, recorrendo a mapas e gráficos com informação estatística e à influência do ruído no espectro de frequências.

Avalia-se a exposição ocupacional originada pelo ruído e, em função dos resultados obtidos, estudam-se e propõem-se medidas de prevenção e de proteção que possam minimizar o risco de exposição dos trabalhadores, através de medidas de engenharia, de organização do trabalho e de proteção individual.

Uma vez que o sistema conceptual pode fornecer informações valiosas sobre os espectros de frequência em postos de trabalho bem identificados, podem-se ajustar ou reparar partes específicas da maquinaria envolvida, a fim de diminuir ou modificar estas componentes espectrais.

PALAVRAS-CHAVE: SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA; MEDIÇÕES; CALIBRAÇÃO; AQUISIÇÃO; REGISTO; SINAIS SONOROS; NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA; CURVAS DE PONDERAÇÃO; MONITORIZAÇÃO; SIMULAÇÃO; MAPAS DE RUÍDO; ANÁLISE ESPECTRAL; EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA AO RUÍDO; PERDAS DE AUDIÇÃO; ACÚSTICA INDUSTRIAL; LEGISLAÇÃO; NORMAS; CONTROLO; PREVENÇÃO; PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA.

Índice (Castellano)

Resumen ..... *i*
Resumen (Inglés) ..... *ii*
Resumen (Portugués) ..... *iii*
Índice (Castellano) ..... *iv*
Índice (Portugués) ..... *vii*
Índice de Figuras ..... *x*
Índice de Tablas ..... *xix*
Índice de Cuadros ..... *xxi*
Índice de Ecuaciones ..... *xxv*
Lista de Abreviaturas ..... *xxvii*
Lista de Siglas y Símbolos ..... *xxxii*
Lista de Unidades de Medida ..... *xl*

RESUMEN DE LA TESIS EN LENGUA ESPAÑOLA 1

A - INTRODUCCIÓN 1
B - ANTECEDENTES / REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 4
C - MATERIALES Y MÉTODOS 7
D - RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 13
F - CONCLUSIONES 33

1 INTRODUCCIÓN 36

1.1 MOTIVACIÓN PARA ELECCIÓN DEL TEMA 37
1.1.1 El problema del ruido: el daño inducido *38*
1.1.2 Legislación sobre el ruido y aspectos de seguridad *38*
1.1.3 Control reglamentario de los aspectos ergonómicos del ruido (confort) *39*
1.1.4 Elementos de control y prevención técnica del ruido *39*
1.1.5 La medición representativa del ruido: problema existente *39*
1.1.6 Posibilidad de mejora *39*
1.1.7 Propuesta de acción innovadora *39*
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO 40
1.2.1 Desarrollo de un modelo de sistema de monitorización de los niveles de ruido a distancia *40*
1.2.2 Evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores expuestos al ruido *40*
1.2.3 Protección contra el riesgo / políticas de protección *40*
1.2.4 Evaluación de los resultados obtenidos *40*
1.3 HIPÓTESIS A DESARROLLAR 42
1.4 EFECTOS DEL RUIDO EN DA SALUD 43
1.4.1 Pérdidas en la audición *47*
1.4.2 Acúfenos *48*
1.4.3 Impacto acústico *49*
1.4.4 La enfermedad vibroacústica *49*
1.4.5 El ruido y los accidentes *52*
1.4.6 Efectos combinados *52*
1.4.7 Otros efectos sobre la salud *52*
1.4.8 Riesgos de pérdida de audición *54*

1.4.9 Exposición al ruido 55
1.4.10 Universo de las personas en riesgo 55
1.5 CARACTERIZACIÓN DEL SONIDO 58
1.5.1 Presión sonora y nivel de presión sonora 60
1.5.2 Energía de una onda sonora 62
1.5.3 Potencia e intensidad sonora 63
1.5.4 La aritmética de los niveles de presión sonora 64
1.6 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN 65
1.6.1 Oído externo 65
1.6.2 Oído medio 66
1.6.3 Oído interno 67
1.6.4 Fisiología de la audición 72
1.7 EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN AUDITIVA - AUDIOMETRÍA 73
1.8 CRITERIOS PARA EL CÁLCULO Y CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS AUDITIVAS 74
1.9 PÉRDIDAS AUDITIVAS EN FUNCIÓN DE LA EDAD Y DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO 76
1.10 CALIDAD ACÚSTICA AMBIENTAL 77
1.10.1 Criterios de confort acústico 77
1.10.2 Criterios de reglamentación en materia de ruido en los espacios ocupados 82

2 ANTECEDENTES / REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 84

2.1 TRABAJOS ANTERIORES 86
2.1.1 Evaluación de los riesgos derivados de la exposición al ruido utilizando un SIG - Sistema de Información Geográfica 86
2.1.2 Reducción del ruido ambiental en una zona de producción industrial 92
2.1.3 Arquitectura de un sistema de gestión del ruido en un entorno industrial 103
2.1.4 Desarrollo de un indicador de nivel de gama de presión sonora de bajo costo, que actúa como un sistema permanente de monitorización del ruido 141
2.1.5 Evaluación de la propagación del ruido industrial sobre la contaminación sonora 147
2.1.6 Gestión del ruido industrial a través de la creación de un índice comparativo del ruido ocupacional 152
2.1.7 Acústica Industrial: aplicación del análisis de vibración y del ruido para identificar las fuentes de ruido en un entorno industrial 158
2.1.8 Análisis del ruido sonoro en un entorno industrial: un nuevo enfoque 170
2.2 ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS 172
2.2.1 Prevalencia de pérdida auditiva inducida por ruido en una empresa metalúrgica 172
2.2.2 Alteraciones auditivas en los trabajadores expuestos al ruido industrial 178
2.2.3 Ruido ocupacional en un entorno industrial 184
2.2.4 Zumbido en el trabajador expuesto al ruido 195
2.2.5 Ruido ocupacional y pérdidas auditivas en una empresa metalmecánica 202
2.2.6 Incidencia y prevalencia de la pérdida auditiva inducida por el ruido 215
2.3 RESUMEN DEL CONOCIMIENTO ACTUAL 219
2.4 LEGISLACIÓN Y REGLAMENTOS 223
2.4.1 Legislación portuguesa y europea 223
2.4.2 Normas 225
2.4.3 Orientaciones del decreto-ley nº 182/2006, 6 de septiembre 229
2.4.4 Reglamento general de SHT en las empresas industriales 238
2.4.5 Caracterización legal de las enfermedades causadas por el ruido 239
2.4.6 Decreto-ley N° 352/2007, 23 de octubre 240

3 MATERIALES Y MÉTODOS 243

3.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO 244
3.2 MEDICIÓN DEL RUIDO 245
3.2.1 Bandas de octava 245
3.2.2 Gama audible 246
3.2.3 Curvas de ponderación 247
3.2.4 Tipos de ruido 249
3.2.5 Análisis temporal del ruido - Nivel sonoro continuo equivalente 255
3.2.6 Instrumentos de medición y calibración 257
3.2.7 Métodos de medición del ruido 266
3.2.8 Reglas a observar en las mediciones del ruido 270
3.2.8 Modelos de predicción del ruido 271
3.3 CARACTERIZACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO 288
3.3.1 Caracterización del sector metalúrgico e metalmecánico 288
3.3.2 Caracterización de la unidad industrial 288
3.3.3 Actividades desarrolladas, mediciones realizadas y efectos atenuadores 294
3.4 MEDIDAS DE CONTROL, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN 324
3.4.1 Medidas organizativas 327
3.4.2 Medidas constructivas 327
3.4.3 Medidas de protección individual 329
3.4.4 Programas de conservación de la audición 339
3.5 ADQUISICIÓN, REGISTRO DE SEÑALES SONORAS Y ANÁLISIS DEL RUIDO 342
3.5.1 Sistema de adquisición y registro de señales sonoras 342
3.5.2 Tratamiento de señales sonoras y análisis del ruido 351

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 364

4.1 EMISIONES DE RUIDO EN LOS LOCALES DE TRABAJO 365
4.2 ANÁLISIS ESPECTRAL DEL RUÍDO 370
4.3 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN PERSONAL DIARIA AL RUIDO 372
4.4 SELECCIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS 380
4.5 MONITORIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL RUIDO 381
4.7 ACCIONES A IMPLEMENTAR 390
4.8 TRABAJOS FUTUROS 392

5 CONCLUSIONES 393

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 395

7 ANEXOS 409

ANEXO A – CONVERSOR DE ARCHIVOS *USB DATA LOGGER* PARA EL *SIG IDRISI* 410

Índice (Português)

Resumen ..... *i*
Abstract ..... *ii*
Resumo ..... *iii*
Índice (Castellano) ..... *iv*
Índice (Português) ..... *vii*
Índice de Figuras ..... *x*
Índice de Tabelas ..... *xix*
Índice de Quadros ..... *xxi*
Índice de Equações ..... *xxv*
Lista de Abreviaturas ..... *xxvii*
Lista de Siglas e Símbolos ..... *xxxii*
Lista de Unidades de Medida ..... *xl*

RESUMEN DE LA TESIS EN LENGUA ESPAÑOLA 1

A - INTRODUCCIÓN 1
B – ANTECEDENTES / REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 4
C - MATERIALES Y MÉTODOS 7
D - RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 13
E - CONCLUSIONES 33

1 INTRODUÇÃO 36

1.1 MOTIVAÇÃO PARA A ESCOLHA DO TEMA 37
1.1.1 A problemática do ruído: danos induzidos *38*
1.1.2 Legislação sobre o ruído e aspetos de segurança *38*
1.1.3 Controlo regulamentar de aspetos ergonómicos do ruído (conforto) *39*
1.1.4 Elementos de controlo e prevenção técnica do ruído *39*
1.1.5 Medição representativa do ruído: problema existente *39*
1.1.6 Possibilidade de melhoria *39*
1.1.7 Proposta de ação inovadora *39*
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO 40
1.2.1 Desenvolvimento de um modelo de sistema para monitorização de níveis de ruído à distância *40*
1.2.2 Avaliação dos riscos para a saúde dos trabalhadores expostos ao ruído *40*
1.2.3 Proteção contra o risco / políticas de proteção *40*
1.2.4 Avaliação dos resultados obtidos *40*
1.3 HIPÓTESES A DESENVOLVER 42
1.4 EFEITOS DO RUÍDO NA SAÚDE 43
1.4.1 Perdas na audição *47*
1.4.2 Zumbidos *48*
1.4.3 Choque acústico *49*
1.4.4 A doença vibroacústica *49*
1.4.5 O ruído e os acidentes *52*
1.4.6 Efeitos combinados *52*
1.4.7 Outros efeitos na saúde *52*
1.4.8 Riscos de perda de audição *54*

1.4.9 Exposição ao ruído 55
1.4.10 Universo de pessoas em risco 55
1.5 CARACTERIZAÇÃO DO SOM 58
1.5.1 Pressão sonora e nível de pressão sonora 60
1.5.2 Energia de uma onda sonora 62
1.5.3 Potência e intensidade sonora 63
1.5.4 Aritmética dos níveis de pressão sonora 64
1.6 ANATOMIA E FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO 65
1.6.1 Ouvido externo 65
1.6.2 Ouvido médio 66
1.6.3 Ouvido interno 67
1.6.4 Fisiologia da audição 72
1.7 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO AUDITIVA – AUDIOMETRIAS 73
1.8 CRITÉRIOS PARA O CÁLCULO E CLASSIFICAÇÃO DAS PERDAS AUDITIVAS 74
1.9 PERDAS AUDITIVAS EM FUNÇÃO DA IDADE E DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO 76
1.10 QUALIDADE ACÚSTICA AMBIENTAL 77
1.10.1 Critérios de conforto acústico 77
1.10.2 Critérios regulamentares sobre ruído em espaços ocupados 82

2 ANTECEDENTES / REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 84

2.1 TRABALHOS ANTERIORES 86
2.1.1 Avaliação dos riscos resultantes da exposição ao ruído com recurso a um SIG – Sistema de Informação Geográfica 86
2.1.2 Redução de ruído ambiental em área de produção industrial 92
2.1.3 Arquitetura de um sistema de gestão do ruído em ambiente industrial 103
2.1.4 Desenvolvimento de um indicador de faixa de nível de pressão sonora de baixo custo, atuando como sistema permanente de monitoração de ruído 141
2.1.5 Avaliação da propagação do ruído industrial na poluição sonora 147
2.1.6 Gestão do ruído industrial por meio da criação de um índice comparativo de ruído ocupacional 153
2.1.7 Acústica Industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial 158
2.1.8 Análise de ruído sonoro em ambiente industrial: uma nova abordagem 170
2.2 ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS 172
2.2.1 Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica 172
2.2.2 Alterações auditivas em trabalhadores expostos ao ruído industrial 178
2.2.3 Ruído ocupacional em ambiente industrial 184
2.2.4 Zumbido no trabalhador exposto ao ruído 195
2.2.5 Ruído ocupacional e perdas auditivas numa empresa metalomecânica 202
2.2.6 Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído 215
2.3 SÍNTESE DO CONHECIMENTO ATUAL 219
2.4 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO 223
2.4.1 Legislação portuguesa e europeia 223
2.4.2 Normas 225
2.4.3 Linhas orientadoras do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro 229
2.4.4 Regulamento geral de SHT nos estabelecimentos industriais 238
2.4.5 Caracterização legal das doenças originadas pelo ruído 239
2.4.6 Decreto-Lei n.º 352/2007, de 23 de outubro 240

3 MATERIAIS E MÉTODOS 243

3.1 METODOLOGIA DE TRABALHO 244
3.2 MEDIÇÃO DO RUÍDO 245
3.2.1 Bandas de oitava 245
3.2.2 Faixa audível 246
3.2.3 Curvas de ponderação 247
3.2.4 Tipos de ruído 249
3.2.5 Análise temporal do ruído – Nível sonoro contínuo equivalente 255
3.2.6 Instrumentos de medição e calibração 257
3.2.7 Métodos de medição do ruído 266
3.2.8 Regras a observar nas medições de ruído 270
3.2.9 Modelos de previsão do ruído 271
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO 288
3.3.1 Caracterização do setor metalúrgico e metalomecânico 288
3.3.2 Caracterização da unidade industrial 288
3.3.3 Atividades desenvolvidas, medições efetuadas e efeitos atenuadores 294
3.4 MEDIDAS DE CONTROLO, PREVENÇÃO E PROTEÇÃO 323
3.4.1 Medidas organizacionais 326
3.4.2 Medidas construtivas 326
3.4.3 Medidas de proteção individual 328
3.4.4 Programas de conservação da audição 338
3.5 AQUISIÇÃO, REGISTO DE SINAIS SONOROS E ANÁLISE DO RUÍDO 341
3.5.1 Sistema de aquisição e registo de sinais sonoros 341
3.5.2 Tratamento de sinais sonoros e análise do ruído 350

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS 364

4.1 EMISSÕES DE RUÍDO NOS LOCAIS DE TRABALHO 365
4.2 ANÁLISE ESPECTRAL DO RUÍDO 370
4.3 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA AO RUÍDO 372
4.4 SELEÇÃO DOS PROTETORES AUDITIVOS 380
4.5 MONITORIZAÇÃO E ANÁLISE DO RUÍDO 381
4.6 AÇÕES A IMPLEMENTAR 390
4.7 TRABALHOS FUTUROS 392

5 CONCLUSÕES 393

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 395

7 ANEXOS 409

ANEXO A – CONVERSOR DE FICHEIROS DO *USB DATA LOGGER* PARA O SIG *IDRISI* 410

Índice de Figuras

Figura 1 – Fabricación de red elástica 9
Figura 2 – Diagrama de bloques del sistema de adquisición y registro de señales sonoras .10
Figura 3 – Sensor *Twig Grove* 10
Figura 4 – Equipo *EasySYNC Data Logger DS1M12* 11
Figura 5 – Entorno gráfico del *EasyLogger Dual DS1M12* 11
Figura 6 – Diagrama de bloques del sistema de tratamiento de señales sonoras y análisis del ruido 11
Figura 7 – Entorno gráfico del SIG *IDRISI Kilimanjaro* 12
Figura 8 – Entorno gráfico del *VSLM (Virtual Sound Level Meter)* 12
Figura 9 – Entorno gráfico del *Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++), DNASoft* 12
Figura 10 – Gráfico con los niveles de ruido *LAeq,Tk* en dB(A), en los locales de trabajo....13
Figura 11 – Gráfico de barras con los niveles de ruido *LAeq,Tk* en dB(A), en los locales de trabajo 14
Figura 12 – Gráfico con los niveles de ruido *LCpico* en dB(C), en los locales de trabajo.....15
Figura 13 – Gráfico de barras con los niveles de ruido *LCpico* en dB(C), en los locales de trabajo 16
Figura 14 – Diagrama de bloques del sistema de tratamiento de señales sonoras y análisis del ruido 25
Figura 15 – Ejemplo de localización de los trabajadores en un mapa de ruido 25
Figura 16 – Ejemplo de distribución de los trabajadores en las zonas de ruido 25
Figura 17 – Ejemplo de gráfico con el número de trabajadores expuestos a niveles de ruido - dB(A) 26
Figura 18 – Ejemplo de mapa con el tiempo (horas) de exposición de los trabajadores al ruido 26
Figura 19 – Ejemplo de exposición personal de cada trabajador al ruido - dB(A) 26
Figura 20 – Ejemplo de histograma de la exposición personal de los trabajadores al ruido - dB(A) 26
Figura 21 – Análisis *VSLM – Lp Plot* (ponderación “A” y medición *Slow*) 27
Figura 22 – Análisis *VSLM – Lp Plot* (ponderación “A” y medición *Fast*) 27
Figura 23 – Análisis *VSLM – Lp Plot* (ponderación “C” y medición *Impulse*).....27
Figura 24 – Análisis *VSLM – Leq* (ponderación “A” y medición *Slow*).....28
Figura 25 – Análisis *VSLM – Band* (ponderación “A”, medición *Slow* y bandas de octava) ..28
Figura 26 – Análisis *VSLM – Band* (ponderación “A”, medición *Slow* y 1/3 de bandas de octava) 28
Figura 27 – Análisis *VSLM – NC/RC* (cálculo *FFT* de *Leq* en bandas de octava y ponderación “A”).....28
Figura 28 – Análisis *VSLM – PSD* (densidad de potencia espectral utilizando 4096 pt *FFT* con resolución constante y ponderación “A”).....29

Figura 29 – Análisis *VSLM – Sgram* (espectrograma con 512 pt *FFT*, intervalos de tiempo de 0,1 s y ponderación “A”) 29
Figura 30 – Análisis *VSLM – Sgram* (espectrograma tridimensional con 512 pt *FFT*, intervalos de tiempo de 0,1 s y ponderación “A”) 29
Figura 31 – Evolução da surdez profissional 46
Figura 32 – Variações de pressão produzidas por uma perturbação sonora 58
Figura 33 – Funcionamento de um cone de altifalante 59
Figura 34 – Esferas ligadas por molas podem exemplificar o comportamento das moléculas de um meio, quando perturbadas por um som 59
Figura 35 – Movimento ondulatório 60
Figura 36 – Comparação entre escalas de pressão sonora e níveis de pressão sonora 61
Figura 37 – Lei do inverso quadrado 62
Figura 38 – Energia de uma onda sonora ao longo do espaço 62
Figura 39 – Ouvido externo, ouvido médio, ouvido interno 65
Figura 40 – Ouvido médio 66
Figura 41 – Ouvido interno, estrutura da cóclea 67
Figura 42 – Órgão de *Corti* 68
Figura 43 – Célula ciliada interna e célula ciliada externa 69
Figura 44 – Representação da saída de iões de potássio e entrada de iões de cálcio 70
Figura 45 – Labirinto ósseo 70
Figura 46 – Exemplo de um audiómetro e de um audiograma 73
Figura 47 – Curvas *NC* 78
Figura 48 – Curvas *NR* 79
Figura 49 – Curvas *NCB* 81
Figura 50 – Curvas *RC Mark II* 81
Figura 51 – Resultado do cálculo em SIG da soma dos contributos de vários ruídos 87
Figura 52 – Sobrevoo de uma imagem de ruído 87
Figura 53 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico 88
Figura 54 – Malha irregular de triângulos com vértices nos pontos de medida 88
Figura 55 – Níveis de intensidade de ruído por classes 89
Figura 56 – Comparação entre valores reais e interpolados 89
Figura 57 – Regressão linear entre as imagens com valores reais e interpolados 89
Figura 58 – Diferença entre valor real e valor interpolado por trabalhador 90
Figura 59 – Comparação entre valores reais e interpolados (janela) 90
Figura 60 – Regressão linear entre valores reais e interpolados (janela) 90
Figura 61 – Aspeto interior do pavilhão fabril 93
Figura 62 – Mapa acústico da área fabril 93
Figura 63 – Representação gráfica dos valores medidos 94
Figura 64 – Transcrição cromática da pressão acústica nas máquinas 95
Figura 65 – Volume representativo da intensidade sonora – vista superior 96

Figura 66 – Representação da intensidade sonora medida em vários pontos 96
Figura 67 – Sinalização dos pontos críticos considerados para análise de vibrações 97
Figura 68 – Identificação teórica de um "*SilentBloc*" 97
Figura 69 – Curva de resposta (transmissibilidade em dB versus frequência em Hz).....98
Figura 70 – Representação dos pontos quentes do conjunto em estudo.....98
Figura 71 – Amplitude das vibrações medidas segundo o eixo "z" 99
Figura 72 – Vista aérea da MACILVAC (556m de altitude).....107
Figura 73 – Serra circular 108
Figura 74 – Máquina de corte por fita.....108
Figura 75 – Aparelho de corte 109
Figura 76 – Rebarbadora 109
Figura 77 – Máquina de corte.....109
Figura 78 – Serra de fita.....109
Figura 79 – Máquina de fresar.....110
Figura 80 – Máquina de corte a disco.....110
Figura 81 – Máquina de furar 110
Figura 82 – Torno mecânico.....110
Figura 83 – Aparelho de soldar 111
Figura 84 – Engenho de furar.....111
Figura 85 – Modelo para importação dos dados de *AutoCAD* 111
Figura 86 – Modelo para cálculo de interpolações *TIN* a partir das medições no período A 112
Figura 87 – Modelo para cálculo da reclassificação das zonas de ruído (0 a 3) nos períodos A a E 112
Figura 88 – Modelo para cálculo dos trabalhadores dentro das zonas de ruído (0 a 3) nos períodos A a E 112
Figura 89 – Modelo para obtenção de imagens para produção de histogramas de exposição ao ruído.....112
Figura 90 – Disposição do equipamento na nave industrial em *AutoCAD* 113
Figura 91 – Matriz que representa o espaço geográfico em estudo 113
Figura 92 – Máquinas em funcionamento no período - A 119
Figura 93 – Localização e valor dos pontos de amostragem - A.....119
Figura 94 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico – A.....119
Figura 95 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - A 120
Figura 96 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – A 120
Figura 97 – Níveis de intensidade de ruído por classes - A.....120
Figura 98 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - A.....121
Figura 99 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - A.....121
Figura 100 – Máquinas em funcionamento no período - B 122
Figura 101 – Localização e valor dos pontos de amostragem - B.....122

Figura 102 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - B.....122
Figura 103 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - B 123
Figura 104 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – B 123
Figura 105 – Níveis de intensidade de ruído por classes - B 123
Figura 106 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - B 124
Figura 107 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - B.....124
Figura 108 – Máquinas em funcionamento no período - C 125
Figura 109 – Localização e valor dos pontos de amostragem - C 125
Figura 110 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - C 125
Figura 111 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - C 126
Figura 112 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – C 126
Figura 113 – Níveis de intensidade de ruído por classes - C.....126
Figura 114 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - C.....127
Figura 115 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - C 127
Figura 116 – Máquinas em funcionamento no período - D 128
Figura 117 – Localização e valor dos pontos de amostragem - D 128
Figura 118 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - D 128
Figura 119 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - D 129
Figura 120 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – D 129
Figura 121 – Níveis de intensidade de ruído por classes - D.....129
Figura 122 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - D.....130
Figura 123 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - D 130
Figura 124 – Máquinas em funcionamento no período - E 131
Figura 125 – Localização e valor dos pontos de amostragem - E.....131
Figura 126 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - E.....131
Figura 127 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - E 132
Figura 128 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – E 132
Figura 129 – Níveis de intensidade de ruído por classes - E 132
Figura 130 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - E 133
Figura 131 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - E.....133
Figura 132 – Número de horas de exposição dos trabalhadores ao ruído – dB(A) 134
Figura 133 – Exposição pessoal de cada trabalhador - dB(A) 134
Figura 134 – Histograma da exposição pessoal dos trabalhadores ao ruído - dB(A).....135
Figura 135 – Base de dados com a informação sobre os trabalhadores 135
Figura 136 – Relatório obtido a partir da base de dados do SIG 137
Figura 137 – Vista frontal externa do protótipo Figura 138 – Vista frontal interna do protótipo 142
Figura 139 – Vista interna do mostrador Figura 140 – Vista lateral externa do protótipo..142
Figura 141 – Vista superior externa do protótipo 142
Figura 142 – Diagrama de blocos do indicador de faixa de nível de pressão sonora.....143

Figura 143 – Configuração utilizada na determinação da sensibilidade e calibração do microfone 143
Figura 144 – Circuito completo do medidor de nível de pressão sonora.....144
Figura 145 – Área de influência avaliada da Fábrica 1 149
Figura 146 – Propagação do ruído contínuo diurno da Fábrica 1 149
Figura 147 – Propagação do ruído contínuo noturno da Fábrica 1 149
Figura 148 – Propagação do ruído de impacto diurno da Fábrica 1 150
Figura 149 – Propagação do ruído de impacto noturno da Fábrica 1 150
Figura 150 – Distribuição de fontes internas da Fábrica 1 150
Figura 151 – Controlo do ruído contínuo noturno com barreiras individuais na Fábrica 1...151
Figura 152 – Controlo do ruído contínuo noturno com barreiras externas na Fábrica 1.....151
Figura 153 – Controlo do ruído de impacto noturno com barreiras individuais na Fábrica 1 151
Figura 154 – Controlo do ruído de impacto noturno com barreiras externas na Fábrica 1 ..152
Figura 155 – Escala de referência baseada na *NR-15* 154
Figura 156 – Escala do indicador proposto.....155
Figura 157 – Sub-indicadores por setor.....156
Figura 158 – Indicador primário.....157
Figura 159 – Prensa mecânica *Minster P2H100* envolta numa cabine insonorizada 159
Figura 160 – Cisalha rotativa.....159
Figura 161 – Máquina de montar correntes em contínuo *CHC* – Cadeia Cinemática 160
Figura 162 – Esquematização da cadeia de medição utilizada.....161
Figura 163 – Espectro do ruído e da vibração no interior da prensa mecânica.....162
Figura 164 – Comparação do ruído e vibração da *CHC* 162
Figura 165 – Espectro de comparação ruído e vibração da cisalha rotativa 163
Figura 166 – Protetor auricular *3M* modelo 1271.....164
Figura 167 – Ilustração de um pé da prensa mecânica *Minster P2H100* 164
Figura 168 – Espectro sonoro em dB(A) da *CHC* 165
Figura 169 – Espectro de vibrações da *CHC*.....167
Figura 170 – Espectro sonoro em bandas de oitava da cisalha rotativa 167
Figura 171 – Protetor auditivo *3M* modelo 1110 168
Figura 172 – Densidade espectral de potência do áudio no 4.º conjunto de ventiladores entre 0 – 500 Hz.....171
Figura 173 – Autocorrelação da amostra do 4.º ponto medido 171
Figura 174 – Distribuição da amostra segundo os resultados do audiograma 180
Figura 175 – Distribuição da amostra segundo o diagnóstico.....182
Figura 176 – Evolução do número de trabalhadores a considerar, após a aplicação dos critérios 186
Figura 177 – Distribuição da classificação da perda auditiva dos trabalhadores expostos a um *LEx,8h* ≥ 85 dB(A), segundo o critério "*BIAP*".....190
Figura 178 – Perdas auditivas médias da população em estudo 192

Figura 179 – Perda auditiva real dos trabalhadores e perda estimada pelo modelo de regressão 194
Figura 180 – Percentual de indivíduos que apresentam zumbido, por local de trabalho e nível de ruído 197
Figura 181 – Medianas para os limiares audiométricos para a orelha direita dos grupos com limiares audiométricos normais, sugestivos de PAIR e não sugestivos de PAIR 198
Figura 182 – Medianas para os limiares audiométricos para a orelha esquerda dos grupos com limiares audiométricos normais, sugestivos de PAIR e não sugestivos de PAIR 198
Figura 183 – Caracterização da amostra em estudo 203
Figura 184 – Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo 204
Figura 185 – Perceção individual do estado auditivo 205
Figura 186 – *LEx, 8hi* dB(A) por trabalhador para os anos 2006, 2010 e 2012 206
Figura 187 – Distribuição da classificação da perda auditiva, em 2013, segundo o Critério *BIAP* 206
Figura 188 – Perdas auditivas médias da população em estudo 208
Figura 189 – Distribuição da classificação da perda auditiva em 2010 segundo o Critério *BIAP* 208
Figura 190 – Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013 208
Figura 191 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 17 Figura 192 – Ouvido direito do trabalhador n.º 17 210
Figura 193 – Evolução com a idade das perdas auditivas 210
Figura 194 – Evolução da surdez profissional e estádios da evolução 211
Figura 195 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 6 Figura 196 – Ouvido direito do trabalhador n.º 6 211
Figura 197 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 26 Figura 198 – Ouvido direito do trabalhador n.º 26 212
Figura 199 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 5 Figura 200 – Ouvido direito do trabalhador n.º 5 213
Figura 201 – Exemplo de um sonómetro e de um dosímetro 233
Figura 202 – Divisão por oitavas 245
Figura 203 – Curvas de igual sensação sonora (isofónicas) / superfície de audição 246
Figura 204 – Filtros “A”, “B”, “C” e “D” 247
Figura 205 – Ruído do tipo contínuo ou uniforme 249
Figura 206 – Ruído do tipo flutuante ou intermitente 251
Figura 207 – Ruído do tipo impulsivo ou de impacto 251
Figura 208 – Ruído de fundo 252
Figura 209 – Subtração de níveis de pressão sonora 253
Figura 210 – Adição de níveis de pressão sonora 253
Figura 211 – Variação do nível sonoro com a distância à fonte sonora 254
Figura 212 – Comportamento da energia sonora 254
Figura 213 – Constituição de um sonómetro 257

Figura 214 – Sonómetro integrador Figura 215 – Sonómetro não integrador.....259
Figura 216 – Dosímetro de ruído.....260
Figura 217 – Limiar de audibilidade e curvas de ponderação.....261
Figura 218 – Influência do período de integração nos valores medidos 262
Figura 219 – Sondas de intensidade / microfones duplos e respetivos espaçadores 263
Figura 220 – Analisadores com dois canais em tempo real.....263
Figura 221 – Sistemas de aquisição com multicanais, para microfones, sondas de intensidade e/ou acelerómetros (vibrações mecânicas) 264
Figura 222 – Avaliação de potência sonora de equipamentos em câmara anecoica ou surda 264
Figura 223 – Medição sonora no exterior para monitorizações em contínuo 265
Figura 224 – Fonte de ruído aéreo omnidirecional 266
Figura 225 – Máquina de percussão normalizada 266
Figura 226 – Nível de som equivalente contínuo (*Leq*).....268
Figura 227 – Diferentes formas de medição do ruído de impacto.....269
Figura 228 – Exemplo da modelação em SIG de uma fonte de ruído diretiva 274
Figura 229 – Absorção atmosférica em função da frequência e da humidade do ar.....275
Figura 230 – Reflexão, transmissão e absorção do som ao atravessar uma parede 276
Figura 231 – Isolamento de um tabique simples em função da sua massa e frequência....277
Figura 232 – Curva convencional de referência 279
Figura 233 – Curva de isolamento onde se manifesta o efeito de coincidência 281
Figura 234 – Correção do isolamento devido à heterogeneidades.....282
Figura 235 – Gráfico para a determinação do *Ia* 282
Figura 236 – Percurso de um raio difratado num obstáculo.....284
Figura 237 – Conversação num meio ruidoso 286
Figura 238 – Posicionamento do setor metalúrgico e metalomecânico 288
Figura 239 – Sede e unidade fabril em Santarém.....289
Figura 240 - Certificação do sistema de gestão da qualidade pelo *BVQI* 290
Figura 241 – Planta da sede e unidade fabril 291
Figura 242 – Armazém 1 - matéria-prima e produto intermédio.....291
Figura 243 – Zona de soldadura.....291
Figura 244 – Zona de máquinas de endireitamento e corte de arame, de fabrico de painéis 3, e de furação e aplicação de rebites em tubos 292
Figura 245 – Zona de máquinas de fabrico de painéis 1 e 2, secção de lacagem e embalamento 292
Figura 246 – Armazém 2 – matéria-prima e produto acabado.....292
Figura 247 – Zona de cargas e descargas 292
Figura 248 – Organograma da PAIS MATIAS, Lda. 293
Figura 249 – Gráfico com os níveis de ruído *LAeq,Tk* em dB(A) e *LCpico* em dB(C) nos locais de trabalho 322

Figura 250 – Gráfico de barras com os níveis de ruído *LAeq,Tk* em dB(A) e *LCpico* em dB(C) nos locais de trabalho 322
Figura 251 – Gestão de controlo do ruído 323
Figura 252 – Grupo gerador com canópia e respetivo ruído emitido.....326
Figura 253 – Diagrama de blocos do sistema de aquisição e registo de sinais sonoros.....341
Figura 254 – Equipamento *EasySYNC Data Logger DS1M12*.....342
Figura 255 – Ambiente gráfico do *EasyLogger Dual DS1M12*.....343
Figura 256 – Janela de comando do gerador de sinal *DS1M12A*.....343
Figura 257 – Sensor *Twig Grove*.....344
Figura 258 – Esquema de um filtro com ponderação “A”.....345
Figura 259 – Curvas de equalização *Loudness*.....345
Figura 260 – Resposta em frequência de um filtro com ponderação “A” 346
Figura 261 – Esquema de um conversor analógico-digital de 4 bits.....346
Figura 262 – Diagrama funcional do *74HCT154* - Descodificador 4:16 347
Figura 263 – Tabela funcional do *74HCT154* – Descodificador/Desmultiplexador 4:16.....347
Figura 264 – Diagrama funcional do *74HCT4520* – Contador binário síncrono duplo de 4 bits 348
Figura 265 – Tabela funcional do *74HCT4520* – Contador binário síncrono duplo de 4 bits 348
Figura 266 – Diagrama temporal do *74HCT4520* – Contador binário síncrono duplo de 4 bits 349
Figura 267 – Diagrama de blocos funcional do temporizador *LM555* 349
Figura 268 – Diagrama funcional do *ADG526A* – Multiplexador analógico 16:1 349
Figura 269 – Tabela funcional do *ADG526A* – *Multiplexer* analógico 16:1.....350
Figura 270 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de sinais sonoros e análise do ruído.....350
Figura 271 – Ambiente gráfico do SIG *IDRISI Kilimanjaro*.....351
Figura 272 – Gerador de sinal *DS1M12A* – Parametrização do intervalo de amostragem e ativação dos filtros com ponderação “A”.....353
Figura 273 – Ambiente gráfico do *VSLM (Virtual Sound Level Meter)* 357
Figura 274 – Ambiente gráfico do *Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++), DNASoft* ...357
Figura 275 – Gerador de sinal *DS1M12A* – Parametrização do intervalo de amostragem e inativação dos filtros com ponderação “A”.....358
Figura 276 – Gráfico com os níveis de ruído *LAeq,Tk* em dB(A), por ordem decrescente, nos locais de trabalho 366
Figura 277 – Gráfico de barras com os níveis de ruído *LAeq,Tk* em dB(A), por ordem decrescente, nos locais de trabalho 366
Figura 278 – Gráfico com os níveis de ruído *LCpico* em dB(C), por ordem decrescente, nos locais de trabalho 369
Figura 279 – Gráfico de barras com os níveis de ruído *LCpico* em dB(C), por ordem decrescente, nos locais de trabalho 369

Figura 280 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de sinais sonoros e análise do ruído.....381
Figura 281 – Exemplo de localização dos trabalhadores num mapa de ruído 381
Figura 282 – Exemplo de distribuição de trabalhadores nas zonas de ruído 382
Figura 283 – Exemplo de gráfico com o número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído - dB(A).....382
Figura 284 – Exemplo de mapa com o tempo (horas) de exposição dos trabalhadores ao ruído.....383
Figura 285 – Exemplo de exposição pessoal de cada trabalhador ao ruído - dB(A).....383
Figura 286 – Exemplo de histograma da exposição pessoal dos trabalhadores ao ruído - dB(A).....384
Figura 287 – Análise *VSLM – Lp Plot* (ponderação “A” e medição *Slow*) 384
Figura 288 – Análise *VSLM – Lp Plot* (ponderação “A” e medição *Fast*) 385
Figura 289 – Análise *VSLM – Lp Plot* (ponderação “C” e medição *Impulse*).....385
Figura 290 – Análise *VSLM – Leq* (ponderação “A” e medição *Slow*).....386
Figura 291 – Análise *VSLM – Band* (ponderação “A”, medição *Slow* e bandas de oitava) .386
Figura 292 – Análise *VSLM – Band* (ponderação “A”, medição *Slow* e 1/3 de bandas de oitava) 387
Figura 293 – Análise *VSLM – NC/RC* (cálculo *FFT* de *Leq* em bandas de oitava e ponderação “A”) 387
Figura 294 – Análise *VSLM – PSD* (densidade de potência espetral usando 4096 pt *FFT* com resolução constante e ponderação “A”) 388
Figura 295 – Análise *VSLM – Sgram* (espectrograma com 512 pt *FFT*, intervalos de tempo de 0,1 s e ponderação “A”).....389
Figura 296 – Análise *VSLM – Sgram* (espectrograma tridimensional com 512 pt *FFT*, intervalos de tempo de 0,1 s e ponderação “A”) 389

Índice de Tabelas

Tabla 1 – Niveles de ruido *LAeq,Tk* en dB(A), por orden decreciente, en los locales de trabajo 14
Tabla 2 – Niveles de ruído *LCpico* en dB(C), por orden decreciente, en los locales de trabajo 15
Tabla 3 – Niveles medios de ruido por grupos de locales de trabajo dB(A) y por bandas de octava (Hz) 16
Tabla 4 – Niveles de ruido por locales de trabajo dB(A) y por bandas de octava (Hz) 17
Tabla 5 - Base de datos de los trabajadores, exposición personal diaria al ruido y protección auditiva 22
Tabla 6 - Exposición personal diaria al ruido y protección auditiva (trabajadores 1 a 8) 23
Tabla 7 – Análisis espectral y selección de protectores auditivos - máquinas de fabricación de red elástica 24
Tabla 8 – Ejemplo de informe con el número de trabajadores afectados por el ruido 26
Tabela 9 – Operações com maior impacto de ruído e respetivas fontes 108
Tabela 10 – Resumo das máquinas em funcionamento por período horário 113
Tabela 11 – Medições na nave durante o período A - 8:30h às 10:00h 114
Tabela 12 – Medições na nave durante o período B - 10:00h às 12:00h 115
Tabela 13 – Medições na nave durante o período C - 12:00h às 13:00h 116
Tabela 14 – Medições na nave durante o período D - 13:00h às 14:00h 117
Tabela 15 – Medições na nave durante o período E - 14:00h às 16:30h 118
Tabela 16 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - A 121
Tabela 17 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - B 124
Tabela 18 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - C 127
Tabela 19 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - D 130
Tabela 20 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - E 133
Tabela 21 – Listagem dos trabalhadores expostos e do nível de exposição ao ruído – dB(A) 136
Tabela 22 – Níveis de ruído *LAeq,Tk* em dB(A) e *LCpico* em dB(C) nos locais de trabalho 321
Tabela 23 – Níveis de ruído *LAeq,Tk* em dB(A), por ordem decrescente, nos locais de trabalho 365
Tabela 24 – Níveis de ruído *LCpico* em dB(C), por ordem decrescente, nos locais de trabalho 368
Tabela 25 – Níveis médios de ruído por grupos de locais de trabalho, dB(A) e por bandas de oitava (Hz) 370
Tabela 26 – Níveis de ruído por locais de trabalho, dB(A) e por bandas de oitava (Hz) 371
Tabela 27 - Base de dados dos trabalhadores, exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular 376
Tabela 28 - Exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular (trabalhadores 1 a 16) 377

Tabela 29 - Exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular (Trabalhadores 17 a 40) 378
Tabela 30 - Exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular (trabalhadores 1 a 8) .379
Tabela 31 – Análise espectral e seleção de protetores auditivos – máquinas de fabricar rede elástica.....380
Tabela 32 – Exemplo de relatório com número de trabalhadores afetados pelo ruído.....382

Índice de Quadros

Cuadro 1 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 1/3) 18
Cuadro 2 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 2/3) 19
Cuadro 3 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 3/3) 20
Cuadro 4 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 3/3 - continuación) 21
Quadro 5 – Risco de perda de audição para a conversação, devido exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição 43
Quadro 6 – Estádios da evolução da surdez profissional, segundo *Bell* 46
Quadro 7 – Fases clínicas da DVA.....50
Quadro 8 - Exigências regulamentares (RRAE) com interesse 83
Quadro 9 - Medição de ruído por gamas de frequência.....94
Quadro 10 - Valores medidos de intensidade acústica nas máquinas 95
Quadro 11 - Nível de vibração do conjunto.....99
Quadro 12 - Transmissão de vibrações do conjunto para o solo 99
Quadro 13 - Registo dos valores medidos com os resguardos fechados 101
Quadro 14 - Diferenças de nível de intensidade sonora com os resguardos fechados.....101
Quadro 15 - Redução de ruído global em dB(A).....102
Quadro 16 – Modelos e submodelos utilizados no SIG *IDRISI* 112
Quadro 17 – Valores máximos de níveis de ruído em determinados ambientes.....145
Quadro 18 - Delta necessário para ação nos sub-indicadores.....157
Quadro 19 - Frequência de cada módulo da prensa mecânica.....159
Quadro 20 - Motores e frequências associadas da cisalha rotativa 160
Quadro 21 - Frequência dos motores da *CHC* 160
Quadro 22 - Resultados dos níveis sonoros nos diferentes equipamentos em estudo 163
Quadro 23 - Características técnicas do protetor auricular *3M* modelo 1271.....165
Quadro 24 - Atenuações do protetor auricular *3M* modelo 1271.....166
Quadro 25 - Valores Limite de exposição à vibração transmitida ao corpo inteiro 166
Quadro 26 - Níveis sonoros com a atenuação dos protetores auriculares.....168
Quadro 27 - Características técnicas do protetor auricular *3M* modelo 1110.....168
Quadro 28 - Atenuações do protetor auricular *3M* modelo 1110.....169
Quadro 29 – Distribuição da população, prevalência dos casos sugestivos de perda auditiva induzida por ruído e razão de prevalências, em função da faixa etária e ocupação 174
Quadro 30 – Média e desvio-padrão da idade, do tempo de atividade na empresa e do tempo total de exposição ao ruído ocupacional, segundo o traçado audiométrico.....174
Quadro 31 – Distribuição da população, prevalência dos casos sugestivos de PAIR e razão de prevalências, em função dos dados de exposição a ruído extraocupacional, história de traumatismo craniano, morbidade pessoal e familiar, sintomas auditivos e tabagismo.....175
Quadro 32 – Variáveis no processo de modelagem, segundo os critérios de seleção.....175

Quadro 33 – *Odds Ratio* bruto ajustado (modelo de regressão logística) e intervalos de confiança de 95%.....176
Quadro 34 – Universo de trabalhadores por idade e sexo.....179
Quadro 35 – Universo de trabalhadores por departamentos e tempo de exposição.....179
Quadro 36 – Medições do nível de ruído por departamento.....180
Quadro 37 - Resultados do audiograma por departamento.....181
Quadro 38 - Resultados do audiograma por grupos de idades.....181
Quadro 39 - Resultados do audiograma por sexos.....181
Quadro 40 - Resultados do audiograma por tempo de exposição.....182
Quadro 41 - Exemplo do cálculo de *LEx,8h* considerando diversos cenários.....185
Quadro 42 - Caracterização da amostra em estudo.....187
Quadro 43 - Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo.....187
Quadro 44 - Histórico de exposição ao ruído - âmbito ocupacional.....188
Quadro 45 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividades não ocupacionais.....188
Quadro 46 - Antecedentes familiares e pessoais.....189
Quadro 47 - Utilização de proteção auditiva e perceção individual do estado auditivo.....189
Quadro 48 - Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas auditivas dos trabalhadores expostos a um *LEx,8h* ≥ 85 dB(A).....190
Quadro 49 - Trabalhadores expostos a *LEx,8h* ≥ 85 dB(A) com perdas auditivas “ligeiras” e “moderadas”.....191
Quadro 50 - Resumo das variáveis e do cálculo das perdas auditivas na amostra.....192
Quadro 51 - Resumo dos valores para uma regressão tetradimensional entre as perdas auditivas [*PA*] e as variáveis independentes [*LEx,8h*, tempo de exposição (*T*) e idade (*i*)].....193
Quadro 52 – Frequência de indivíduos por tempo de exposição ao ruído.....197
Quadro 53 - Valores de *LEx,8h* para os vários setores.....202
Quadro 54 - Caracterização da amostra em estudo.....203
Quadro 55 - Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo.....204
Quadro 56 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividades ocupacionais.....204
Quadro 57 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividade não ocupacionais.....204
Quadro 58 - Antecedentes familiares e pessoais.....204
Quadro 59 - Utilização de proteção auditiva.....205
Quadro 60 - Perceção individual do estado auditivo.....205
Quadro 61 - Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas dos trabalhadores.....205
Quadro 62 - Trabalhadores expostos a exposição ao ruído e com as perdas auditivas.....206
Quadro 63 - Trabalhadores com antecedentes de doenças.....207
Quadro 64 - Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013.....208
Quadro 65 - Comparação do cálculo das perdas através do critério da Tabela de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal.....209
Quadro 66 - Perda auditiva do trabalhador n.º 17.....209
Quadro 67 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 17.....210
Quadro 68 - Perda auditiva do trabalhador n.º 6.....211

Quadro 69 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 6 211
Quadro 70 - Perda auditiva do trabalhador n.º 26....212
Quadro 71 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 26 212
Quadro 72 - Perda auditiva do trabalhador n.º 5....213
Quadro 73 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 5 213
Quadro 74 - Distribuição da população por condição de audição, segundo faixa etária e tempo de serviço 216
Quadro 75 - Incidência de perda auditiva induzida por ruído 216
Quadro 76 - Incidência de perda auditiva por faixa etária e tempo de serviço 217
Quadro 77 - Prevalência de perda auditiva por orelha....217
Quadro 78 - Distribuição quanto ao grau de perda auditiva 217
Quadro 79 - Legislação portuguesa e europeia sobre o ruído 223
Quadro 80 – Normas relevantes sobre o ruído 225
Quadro 81 – Valores limite de exposição e valores de ação para o ruído 231
Quadro 82 - Doenças profissionais originadas por exposição ao ruído 240
Quadro 83 - Filtro de ponderação “A” para bandas de frequência de 1/1 oitava na gama audível 247
Quadro 84 – Atenuação da perceção auditiva “A”, “B” e “C”....248
Quadro 85 – Classificação do ruído....250
Quadro 86 – Tempo de exposição limite, em função do nível sonoro a que um trabalhador está sujeito 256
Quadro 87 – Diferentes formas de medição do ruído de impacto 269
Quadro 88 - Valores de atenuação sonora para divisórias simples, em dB 280
Quadro 89 - Valores de atenuação sonora para divisórias duplas, em dB....280
Quadro 90 - Valores de atenuação sonora para divisórias triplas, em dB....280
Quadro 91 – Código de cores....285
Quadro 92 – Gestão administrativa e produção 294
Quadro 93 – Alimentação de ar comprimido....296
Quadro 94 – Armazenagem 298
Quadro 95 – Fabrico de rede elástica....301
Quadro 96 – Endireitamento de arame e fabrico de painéis 302
Quadro 97 – Endireitamento e corte de arame 304
Quadro 98 – Fabrico de painéis 305
Quadro 99 – Serragem elétrica 307
Quadro 100 – Furação metálica 308
Quadro 101 – Rebitagem à máquina....310
Quadro 102 – Soldadura 311
Quadro 103 – Esmerilagem, retificação e polimento 313
Quadro 104 – Movimentação mecânica de cargas....315
Quadro 105 – Lacagem....316

Quadro 106 – Acabamento e embalamento 318
Quadro 107 – Limpeza e lavagem....319
Quadro 108 – Apoio social e desenvolvimento profissional 320
Quadro 109 – Medidas de controlo para a redução da exposição dos trabalhadores a níveis sonoros excessivos 325
Quadro 110 - Tabela de atenuações para vários protetores auriculares....329
Quadro 111 – Classificação dos protetores auditivos 330
Quadro 112 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *3M* – Modelo *E-A-R Earsoft* 331
Quadro 113 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *3M* - Modelo *E-A-R Ultrafit*....331
Quadro 114 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *MODEP* – Modelo *Run-Run II*....331
Quadro 115 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *3M* – Modelo 1271 331
Quadro 116 – Protetor auricular, tipo abafador, Marca *3M* – Modelo 1435....331
Quadro 117 – Principais vantagens e desvantagens dos tampões versus abafadores....332
Quadro 118 – Classificação da proteção auditiva de acordo com a NP *EN* 458:2006 336
Quadro 119 – Características dos equipamentos de proteção individual e a sua relação com o conforto 337
Quadro 120 – Sistema de aquisição de sinais sonoros - endereçamento e funções 342
Quadro 121 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – seleção do intervalo de amostragem e ativação dos filtros com ponderação “A”....353
Quadro 122 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – efeito de memória da parametrização 354
Quadro 123 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – seleção do intervalo de amostragem e inativação dos filtros com ponderação “A” 359
Quadro 124 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – efeito de memória da parametrização 359
Quadro 125 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 1/3)....372
Quadro 126 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 2/3)....373
Quadro 127 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 3/3)....374
Quadro 128 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 3/3 - continuação)375

Índice de Equações

[1] 61
[2] 62
[3] 63
[4] 63
[5] 63
[6] 63
[7] 63
[8] 63
[9] 64
[10] 64
[11] 64
[12] 64
[13] 76
[14] 76
[15] 76
[16] 108
[17] 134
[18] 135
[19] 157
[20] 166
[21] 166
[22] 185
[23] 231
[24] 231
[25] 232
[26] 255
[27] 256
[28] 256
[29] 257
[30] 258
[31] 273
[32] 273
[33] 274
[34] 274
[35] 274
[36] 278
[37] 279

[38] 279
[39] 279
[40] 281
[41] 281
[42] 283
[43] 284
[44] 284
[45] 334
[46] 335
[47] 335
[48] 335
[49] 335
[50] 335
[51] 336

Lista de Abreviaturas

3M	*3M Company* (EUA)
AAO-79/AMA	Critério para o Cálculo das Perdas Auditivas e Compensação Económica (Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000, 3000 Hz)
AAOO-59	Critério para o Cálculo das Perdas Auditivas e Compensação Económica (Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000 Hz)
AC 33	Audiómetro *Interacoustics*
ACP	Análise em Componentes Principais
Acústica São Luiz	Fabricante de Equipamentos para Redução de Ruído, elaboração de Projetos Acústicos e Assessoria Técnica
AD 229	Audiómetro *Interacoustics*
ANALOG DEVICES	Fabricante de Semiconductor Especializado em Tecnologia de Conversão de Dados e Processamento de Sinal (*Norwood, Massachusetts*, EUA)
ANSI	*American National Standards Institute* (Instituto Nacional Americano de Padronização)
ASCII	*American Standard Code for Information Interchange* (Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação)
AutoCAD	*Software CAD* (*Autodesk, Inc., USA)*
BASTIAN	*Software* SIG para Previsão de Isolamento Acústico (*DataKustik GmbH*)
BIAP	*Bureau International d'AudioPhonologie* (Gabinete Internacional de Audiofonologia)
BRITISH COLUMBIA	Critério para o Cálculo das Perdas Auditivas e Compensação Económica (Perda média ≥ 28 dB para as frequências 500, 1000, 2000 Hz)
Brüel & Kjær	*Manufactures transducers, instruments and software for sound, acceleration, and vibration measurement and analysis* (Empresa subsidiária da *Spectris plc* sedeada em *UK*, fabricante de transdutores, instrumentos e *software* para medição e análise de som, acelerações e vibrações)
BVQI	*Bureau Veritas Quality International*
CadnaA	*Software* (*Computer Aided Design Noise Abatement*) SIG para Previsão de Ruído Ambiental em Exteriores (*DataKustik GmbH*, Alemanha)
CAE	Classificação das Actividades Económicas Portuguesas por Ramos de Actividade
CDCP	*Centers for Disease Control and Prevention, USA* (Centros de Controle e Prevenção de Doenças, EUA)
CE	Comissão Europeia
CEE	Comunidade Económica Europeia
CEFAC	Revista de Saúde e Educação (Instituto CEFAC - São Paulo, Brasil)
CORDIS	*Community Research and Development Information Service* (Serviço Comunitário Europeu de Informação sobre Investigação e Desenvolvimento)
DNA Soft	Empresa de Desenvolvimento de *Software Web* (Brasil)

DOU	Diário Oficial da União (Brasil)
DOS 500	Dosímetro de Ruído *Instrutherm*
DS1M12	*EasySYNC Data Logger* (Registador de Dados *EasySYNC*)
DS1M12A	*EasySYNC Signal Generator* (Gerador de Sinais *EasySYNC*)
EasyLogger	*Software EasyLogger Dual DS1M12* (Analisador de Dados em 2 Canais Série *EasySYNC*)
EasySYNC	Fornedor de Produtos e Instrumentação de Comuicações Especializado em Soluções de Conetividade Série baseadas em Interfaces *USB*, *CAN* e *RS232* / *RS422* / *RS485* (Escócia)
EN	*European Norm* (Norma Europeia)
Epi Info	Pacote de *Software* para Verificar e Analisar os Dados de Vigilância, livre e desenvolvido pelo CDCP (EUA)
ESP	*Elliot Sound Products* (Australia)
EUA	Estados Unidos da América
EUROFOUND	*European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions* (Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho)
EUROGIP	*European Public Interest Grouping* (Agrupamento Europeu de Interresse Público)
EUROSTAT	*Statistical Office of the European Union* (Gabinete Estatístico da União Europeia)
FIM ADL20 OHA	Audiómetro *Kamplex Instruments FIM ADL20 OHA*
EXCEL	Programa *Microsoft* Editor de Folhas de Cálculo
GM/SSSTb	Gabinete do Ministro / Secretário de Segurança e Saúde no Trabalho (Brasileiro)
GPS	*Global Positioning System* (Sistema Global de Posicionamento)
Head-Fi	*Fabricante de Auscultadores*
HEINE	Fabricante de Instrumentos de Diagnóstico Médico (Alemanha)
HSST	*Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo* (Higiene, Saúde e Segurança no Trabalho)
IDRISI	*Software* SIG para elaboração de Mapas de Ruído (Laboratórios *Clark* da Universidade de *Clark*, EUA)
IEC	*International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional)
ILLINOIS	Critério para o Cálculo das Perdas Auditivas e Compensação Económica (Perda média ≥ 30 dB para as frequências 1000, 2000, 3000 Hz)
ILO	*Occupational Health and Safety* (Saúde e Segurança Ocupacional)
INE	Instituto Nacional de Estatística
INSHT	*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (Instituto Nacional “Espanhol” de Segurança e Higiene no Trabalho, Madrid)
Instrutherm	Fabricante de Equipamentos de Medição (Brasil)
Interacoustics	Fabricante de Equipamento Audiológico (Dinamarca)
IPAC	Instituto Português de Acreditação

IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	*International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)
ISO/TR	*International Organization for Standardization / Technical Report* (Organização Internacional de Normalização / Relatório Técnico)
ITSEMAP	Instituto Tecnológico de Segurança da Companhia de Seguros *Mapfre*
Kamplex Instruments	Marca de Instrumentos Audiométricos do Fabricante *PC Werth* (*UK*)
LabView	*Software* para Aquisição e Tratamento de Dados (*National Instruments*)
LFNR	*Low Frequency Noise Rating* (Avaliação de Ruído de Baixa Frequência em Sala)
LFRC	*Low Frequency Room Criteria* (Critério de Sala em Baixa Frequência)
LIMA	*Software* SIG *Model 7812 A* para Previsão de Níveis de Ruído e Modelação Avançada *(Brüel & Kjær, subsidiary of UK-based Spectris plc)*
LMS	*Lincoln Middle School* (Escola Secundária de *Lincoln*)
LOGGER	Programa "LOGGER", desenvolvido em *Pascal*[3] pelo Autor, em 2010
MACILVAC	Empresa Metalúrgica e Metalomecânica de Projetos, Equipamentos e Montagens Industriais, Benavente, Portugal)
MANCO	*Software (MAker Noise COntrol)* SIG para Elaboração de Mapas de Ruído
Mini3000	Otoscópio *HEINE de fibra ótica modelo Mini3000 Otoscope Fiber Optic*
MINIPA	Fabricante de Instrumentos e Soluções de Medição (Brasil)
MINSTER	*Nidec Minster Corporation* (Fornecedor de Equipamento e Serviços Metalúrgicos e Metalomecânicos)
MODEP	Marca de Protetores Auditivos
MSL 1350	Decibelímetro Digital *MINIPA MSL 1350* com Calibrador Interno
MTb	Ministério do Trabalho (Brasil)
NATIONAL	*National Semiconductor Corporation* (*Texas Instruments, Silicon Valley*, EUA)
NBR	Norma Brasileira
NC	Norma Cubana
NC	*Noise Criteria* (Critério de Ruído)
NCB	*Balanced Noise Criteria* (Critério de Ruído Balanceado)
NI	*National Instruments Corporation* – Fabricante de Equipamentos, Sistemas e Componentes Eletrónicos (*Texas*, EUA)
NP	Norma Portuguesa
NR	Norma Regulamentadora (Brasil)
NR	*Noise Rating* (Avaliação de Ruído)
OMS	Organização Mundial da Saúde
OREGON	Critério para o Cálculo das Perdas Auditivas e Compensação Económica (Perda média ≥ 30 dB para as frequências 1000, 2000, 3000 Hz)

[3] *Pascal* é uma linguagem de programação estruturada, tendo recebido o nome do matemático e físico *Blaise Pascal*. Foi criada em 1970 pelo suíço *Niklaus Wirth*, tendo em mente encorajar o uso de código estruturado.

OriginLab	*Software* para Análise de Dados e Publicação de Gráficos (EUA)
PAIS MATIAS	Fabricante Metalúrgico e Metalomecânico de Sistemas de Vedações Metálicas (Santarém, Portugal)
PCB Piezotronics	Fabricante de Sensores (*New York*, EUA)
PC Werth	Fabricante de Equipamento e Tecnologias Avançadas de Som (*UK*)
PNC	*Preferred Noise Criteria* (Critério de Ruído Preferido)
Predictor	*Software* SIG *Model 7810* para Previsão de Níveis de Ruído e Mapeamento *(Brüel & Kjær, subsidiary of UK-based Spectris plc)*
PULSE	*Audio Analyzer with configurations designed for electroacoustic measurements, including the PULSE Basic Electroacoustics Type 7797 software, combined with dedicated PULSE hardware optimised for electroacoustic measurements (Brüel & Kjær, subsidiary of UK-based Spectris plc)*
RAYNOISE	*Software* SIG para Previsão de Ruído Industrial em Interiores (*LMS Numerical Technologies* em colaboração com a Universidade de *Louvain*, Bélgica)
RC	*Room Criteria* (Critério de Sala)
RC Mark II	*Room Criteria Mark II, revision* (Curvas *RC Mark II*, revisão)
RGR	Regulamento Geral do Ruído
RO-1350A	Sonómetro *ROLINE (Sound Level Meter 12kHz 35 → 135 dB)*
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
ROLINE	Fabricante de Equipamento e Componentes Eletrónicos
SA	Spectrum Analyser (Analisador de Espectro)
SciELO	*Scientific Electronic Library Online*
Seeed Studio	Fabricante de Módulos Eletrónicos para Projetos *DIY (Do it Yourself)*
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
SHT	Segurança e Higiene no Trabalho
SI	Sistema Internacional de Unidades
SNF	Sociedades Não Financeiras
SoundPLAN	*Software Essential* SIG para Modelação e Planeamento de Ruído Ambiental e Industrial (*XPRT Media*)
SourceForge	Repositório de Código Fonte baseado em *Web*
SPSS	*Statistical Package for the Social Sciences* (Pacote Estatístico para as Ciências Sociais)
SRAM	Grupo Empresarial Fabricante de Componentes para Bicicletas (EUA)
SRAMPORT	Fabricante de Correntes de Rolos, detida pelo Grupo *SRAM* (Portugal)
SSST	Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (Brasil)
TEXAS INSTRUMENTS	Fabricante e Projetista de Semicondutores (Texas, EUA)
Text To Wave	*Software Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++, DNA Soft)* para Conversão de Ficheiros de Texto (*TXT*) para Áudio (*WAV*)
THI	*Tinnitus Handicap Inventory* (Questionário sobre Dificuldades face ao

	Zumbrido)
UE-15	União Europeia quando apenas tinha Quinze Estados Membros
UK	*United Kingdom* (Reino Unido)
UNEP/GRID	*United Nations Environment Programme / Global Resource Information Database* (*Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente / Banco de Dados sobre Recursos Globais*)
UNITAR	*United Nations Institute for Training and Research* (Instituto das Nações Unidas para a Formação e Pesquisa)
USA	*United States of America* (Estados Unidos da América)
USAID	*United States Agency for International Development* (Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional)
USB-6009	Placa de Aquisição de Dados Multifuncional (*National Instruments*)
VSLM	*Software Virtual Sound Level Meter* (Medidor Virtual de Nível Sonoro)
WAVER	Programa “WAVER”, idêntico ao WAVER”, a desenvolver para a Conversão de Ficheiros com Informação “*TXT*” para um Formato Áudio (.*WAV*)
Wilfan Electronics	Fabricante de Componentes Audiológicos (*Culver*, *California*, EUA)

Lista de Siglas e Símbolos

3D	Imagem a 3 Dimensões
74HCT154	*4-to-16 Line Decoder/Demultiplexer* (Descodificador/Desmultiplexador 4:16)
74HCT4520	*Dual 4-bit Synchronous Binary Counter* (Contador Dinário Síncrono Duplo de 4 bits)
A_{1000}	Ganho em Malha Fechada à Frequência de 1000 Hz (Amplitude de Sinal Elétrico)
AC	*Alternating Current* (Corrente Alternada)
ADC	*Analog-to-Digital Converter* (Conversor Analógico-Digital)
AD/DA	*Analog-to-Digital* / *Digital-to-Analog Converter* (Conversor Analógico-Digital /Digital-Analógico)
ADG526A	*CMOS Latched 8-/16-Channel Analog Multiplexers* (Multiplexador Analógico *CMOS* de 8-/16-Canais)
AEA	Critério de Exame Audiométrico definido para a Estimativa da Exposição Individual Diária
antilog	Antilogaritmo[4]
Aout	Saída Analógica do Gerador de Sinais *EasySYNC DS1M12A*
APF	Antecedentes Patológicos Familiares
Apiphon	*Placa com 20 mm de espessura*
APP	Antecedentes Patológicos Pessoais
ARA	Avaliação do Ruído Ambiente
ATP	Trifosfato de Adenosina
B	Módulo de Compressibilidade do Meio
B_2	Ruído de Fundo na Sala Recetora (Acústica de Edifícios)
BF	Baixa Frequência
BIAP	Perda Auditiva pelo Critério *BIAP* (dB)
bit	*Binary Digit* (Dígito Binário)
BNC	Conetor *Bayonet Neill Concelman*, para Cabos Coaxiais
byte	*Binary Term*[5] (Termo Binário ou Octeto)
c	Celeridade (Velocidade de Propagação das Ondas Sonoras, 340 m/s)
CA	Condução Aérea
CA 1130	Cabina Audiométrica *Acústica São Luiz* (São Paulo, Brasil)
CAD	*Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)
CAE	Canal Auditivo Externo

[4] *antilog* é o inverso do logaritmo na base 10. Para calcular o *antilog* de um número é só elevar 10 a esse número. Exemplo: *log* 100 = 2, portanto *antilog* 2 = 10^2 = 100.

[5] Um *byte* (*Binary Term*), "*baite"* ou octeto, é um dos tipos de dados integrais em computação, sendo usado com frequência para especificar o tamanho ou a quantidade de memória ou da capacidade de armazenamento de um certo dispositivo, independentemente do tipo de dados. A codificação padronizada de *byte* foi definida como um conjunto de 8 *bits*. Para os computadores, representar 256 números binários é suficiente. Por isso, os *bytes* possuem 8 *bits*. Calculando, como um *bit* representa dois valores (1 ou 0) e um *byte* representa 8 *bits*, bastará fazer 2 (do *bit*) elevado a 8 (do *byte*) que é igual a 256, ou seja 2^8 = 256.

CAE	*Computer Aided Engineering* (Engenharia Assistida por Computador)
CAT	Comunicado de Acidente de Trabalho
CC	*Continuous Current* (Corrente Contínua)
CCE	Células Ciliadas Externas
CCI	Células Ciliadas Internas
ChA	Canal «A» de Entrada Analógica do *Data Logger EasySYNC DS1M12*
ChA	Canal «B» de Entrada Analógica do *Data Logger EasySYNC DS1M12*
CHC	*Cinematic Chain* (Cadeia Cinemática - Máquina de Montar Correntes em Contínuo)
CI	Circuito Integrado
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CO	Condução Óssea
CO_2	Dióxido de Carbono
d	Espessura da Lâmina de Ar, em metros (Acústica de Edifícios)
d	Distância Total percorrida pelo Raio de Som (metros)
$D_{2m,n,w}$	Índice de Isolamento Sonoro a Sons de Condução Aérea
DC	*Direct Current* (Corrente Direta ou Contínua)
DEP	Densidade Espectral de Potência
DESVIO	Desvio Favorável em Acústica de Edifícios
DVA	Doença Vibroacústica
DXF	*Drawing Exchange Format* (Formato para Intercâmbio de Desenhos)
e	Número de *Euler*[6] (Constante de valor aproximado a 2,1783)
E-A-R Earsoft	Protetor Auditivos *3M*
E-A-R Ultrafit	Protetor Auditivos *3M*
EBITDA	*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation And Amortization* (Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização)
ECG	Eletrocardiograma
EEG	Eletroencefalograma
EOF	*End of File* (Fim de Ficheiro)
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EXTRACT	Função do *Software* SIG *IDRISI* que permite a Extração, por Contagem do Número de Ocorrências de Trabalhadores em cada Zona de Intensidade de Ruído numa Imagem já Reclassificada
f	Frequência
FFT	*Fast Fourier Transform* (Transformada Rápida de *Fourier*)

[6] Em matemática, o número de *Euler*, denominado em homenagem ao matemático suíço *Leonhard Euler*, é a base dos logaritmos naturais. As variantes do nome do número incluem: número de *Napier*, número de *Neper*, constante de *Néper*, número neperiano, constante matemática, número exponencial, etc. A primeira referência à constante foi publicada em 1618 na tabela de um apêndice de um trabalho sobre logaritmos de *John Napier*. No entanto, este não contém a constante propriamente dita, mas apenas uma simples lista de logaritmos naturais calculados a partir desta. A primeira indicação da constante foi descoberta por *Jakob Bernoulli*, cujo número é aproximadamente 2,71828182845904523536028 7.

f_i	Percentagem do Intervalo de Tempo, para o qual o nível de pressão sonora, ponderado "A", está dentro dos limites da Classe *i*)
f_n	Correção da Atenuação Sonora à Frequência de Ressonância, para Caixas-de-Ar com Divisórias Constituídas por Elementos Múltiplos (Acústica de Edifícios)
f_R	Correção da Atenuação Sonora à Frequência de Ressonância para Caixas-de-Ar (Acústica de Edifícios)
"G"	Teste "*G*" aplicado em Análise Estatística
gl	Graus de Liberdades (Teste "*t*" de *Student*)
GND	*Ground* (Terra[7])
h	Cota "*h*" (*Height*) de um terreno num ponto geográfico de coordenadas retangulares [x,y]
H	Limiar da Audição associado à Idade e ao Ruído
H'	Limiar da Audição associado à Idade
HDF Isover	*Lã mineral com papel numa face de 40 mm*
HF	*High Frequency* (Alta Frequência)
HML	*Method High, Medium, Low Frequencies* (Frequências Altas, Médias e Baixas)
HVAC	*Heating, Ventilation and Air Conditioning* (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado)
I	Intensidade de Pressão Sonora
"I"	Fator de Incerteza (Acústica de Edifícios)
I_a	Índice de Isolamento a Sons Aéreos (Acústica de Edifícios)
IC	Intervalos de Confiança
IP	Indicador Primário
IRBF	Infrassons e Ruído de Baixa Frequência
I_{ref}	Intensidade de Pressão Sonora de Referência (Limiar de Audibilidade = 10^{-12} W/m²)
k	Nível de Ruído a que o Trabalhador está Exposto, em cada Banda de Oitava, durante T_k horas por Dia
$L'_{n,w}$	Índice de Isolamento Sonoro a Sons de Percussão
L_0	Nível Limite de Exposição Sonora definido em função da Frequência (Tabela 2 da Norma *ISO 7029:2000* – Acústica – Distribuição estatística dos limites auditivos em função da idade)
L_1	Nível de Pressão Sonora no Recinto Emissor de um Edifício
L_2	Nível de Pressão Sonora no Recinto Recetor Corrigido relativamente ao Ruído de Fundo de um Edifício
L_{2corr}	Nível de Pressão Sonora no Recinto Recetor Corrigido relativamente ao Ruído de Fundo de um Edifício (função do nível de pressão sonora do ruído de fundo B_2 no mesmo recinto)
L_{Aeq}	Nível Sonoro Contínuo Equivalente, em dB(A) *(Equivalent Continuous Sound Level, Weighted "A"*)
$L_{Aeq,dia}$	Nível Sonoro Contínuo Equivalente Diurno, em dB(A) *(Diurnal Equivalent*

[7] Em engenharia eletrotécnica, terra é o ponto de referência num circuito elétrico a partir do qual são medidas as tensões, um caminho de retorno comum para a corrente elétrica, ou uma conexão física direta com a terra.

	Continuous Sound Level, Weighted "A")
$L_{Aeq,f,Tk}$	Nível Sonoro Contínuo Equivalente para cada Banda de Oitava, em dB(A) *(Equivalent Continuous Sound Level per Octave Band, Weighted "A")*
$L_{Aeq,noite}$	Nível Sonoro Contínuo Equivalente Noturno, em dB(A) *(Nocturnal Equivalent Continuous Sound Level, Weighted "A")*
$L_{Aeq,T}$	Nível Sonoro Contínuo Equivalente, em dB(A) *(Equivalent Continuous Sound Level, Weighted "A"))*
$L_{Aeq,Tk,efect}$	Nível Sonoro Contínuo Equivalente Efetivo para cada Banda de Oitava, em dB(A) *(Equivalent Continuous Sound Level Efective per Octave Band, Weighted "A")*
L_{Ar}	Nível de Avaliação de Ruído pelo Critério de Incomodidade, em dB(A)
L_{Av}	Nível de Avaliação de Ruído para Edifícios, em dB(A)
L_{Cpeak}	*Peak Sound Level Pressure, weighted "C"* (Nível de pressão sonora de pico, valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado "C", medido em dB(C))
L_{Cpico}	Nível de pressão sonora de pico, valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado "C", (medido em dB(C))
LE-VT	Limite de Exposição - Valor Teto
LED	*Light Emitting Diode* (Díodo Emissor de Luz)
$L_{EP,d}$	Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído, em dB(A)
L_{eq}	Nível Sonoro Contínuo Equivalente, em dB *(Equivalent Continuous Sound Level)*
Lex	Variável $L_{Ex,8h}$ dB(A) projetada no Eixo 2 no 1.º Plano Fatorial da ACP
$L_{Ex,8h}$	*Exposição Pessoal Diária normalizada para 8 horas*
$\overline{L}_{EX,8H}$	*Média Semanal dos Valores Diários da Exposição Pessoal ao Ruído*
$L_{Ex,8hi}$	Exposição Individual Diária durante o Período de Tempo t_i atendendo ao Critério AEA
$(L_{Ex,8h})_k$	Valores de $L_{Ex,8h}$ para cada Dia de Trabalho Semanal
LF	*Low Frequency* (Baixa Frequência)
LFN	*Low Frequency Noise* (Ruído de Baixa Frequência)
L_i	Níveis de Pressão Sonora, em dB (Individuais por Fonte de Emissão Sonora)
L_I	Nível de Intensidade Sonora, em dB
L_{In}	Nível de Intensidade Sonora emitido por cada Fonte, em dB
$L_i(r)$	Nível de Intensidade Sonora medido a uma Distância "*r*" (oriundo de uma fonte idealmente pontual, a radiar uniformemente no espaço)
LM555	*Timer* (Temporizador)
L_n	Nível de Pressão Sonora Global com Proteção, em dB(A)
ln	Função Logarítmica Natural (Neperiana)[8], na Base "*e*"
log	Função Logarítmica Comum, na Base 10

[8] O logaritmo natural é o logaritmo de base "*e*", onde "*e*" é um número irracional aproximadamente igual a 2,718281828459045... chamado de número de *Euler*. É, portanto, a função inversa da função exponencial. Apesar do logaritmo natural ser usualmente chamado de logaritmo *neperiano*, do nome de seu inventor, o matemático escocês *John Napier* (ou *John Naper*), este utilizou a base "*1/e*" e não a base "*e*".

L_p	Nível de Pressão Sonora, em dB *(Sound Level Pressure)*
L_{pA}	Nível de Pressão Sonora, ponderado "A", em dB(A) *(Sound Level Pressure, Weighted "A")*
L_{pAi}	Nível de Pressão Sonora, ponderado "A", para uma amostra *i*, em dB(A) *(Sound Level Pressure, Weighted "A" for a Sample i)*
L_{pC}	Nível de Pressão Sonora, ponderado "C", em dB(A) *(Sound Level Pressure, Weighted "C")*
L_{total}	Total da Soma dos Níveis de Pressão Sonora, em dB (Individuais por Fonte de Emissão Sonora)
L_W	Nível de Potência Sonora, em dB
L_{Wn}	Nível de Pressão Sonora em cada Ponto de Medição "*n*"
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
M	Massa Superficial (Acústica de Edifícios)
MF	Média Frequência
MF	*Medium Frequency* (Média Frequência)
Mf	Atenuações Médias do Protetor Auditivo indicadas pelo Fabricante (dB)
m_i	Massa Superficial do Painel "*i*" (Acústica de Edifícios)
MIG/MAG	*Metal Inert Gas / Metal Active Welding* (Soldadura Metálica com Gás Inerte / Gás Ativo)
MIRE	*Microphones in Real Ears - Technic* (Técnica de uso de Microfones em Ouvidos Reais)
MTLA	Mudança Temporária do Limiar de Audição
MX-41/AR	Coxim (almofada) para Auscultadores *Wilfan Electronics*
n	Número de Classes[9]
n	Número de Ordem da Frequência de Ressonância numa Caixa-de-Ar (Acústica de Efifícios)
N	Número Total de Amostras
$N_{0,50}$	Valor Mediano da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (para Períodos de Exposição entre 10 a 40 anos)
$N_{0,50,T<10}$	Valor Mediano da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (para Períodos de Exposição entre 10 a 40 anos)
NC/NR	Opção para Visualização de Curvas *NC (Noise Criteria)* e *NR (Noise Rating)* no *Programa VSLM (Virtual Sound Level Meter)*
nf	Número de Frequências Centrais (Acústica de Edifícios)
Novopane	*Prancha de aglomerado de madeira com 22 mm de espessura, revestida com uma camada de 3,2 mm de Pavatex*
NPS	Nível de Pressão Sonora
NRR	*Noise Reduction Rating* (Classificação da Avaliação de Ruído)
NRRsf	*Noise Reduction Rating «Subject Fit» (*Nível de Redução de Ruído "Fornecido" «Método Subjetivo»)

[9] As classes de intervalos para os níveis de pressão sonora, ponderados "A", devem ser escolhidas de acordo com as características do ruído; na maioria dos casos é apropriado um intervalo de 5 dB).

OR	*Odds Ratio* (Razão de Hipóteses)
ORL	Otorrinolaringologista
p	Prevalência de Casos Sugestivos de PAIR
p	Pressão Sonora (Valor Eficaz – *RMS*)
P	Potência Sonora (W) = Energia por Unidade de Tempo (J/s)
p_0	Pressão Sonora de Referência (2×10^{-5} Pa)
P2H100	Prensa Mecânica *MINSTER*
P300	Potenciais Evocados Cognitivos[10]
PAINPSE	Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
pA(t)	Pressão Sonora Instantânea Ponderada "A" (medido em Pa)
Pavatex	*Camada de 3,2 mm para revestimento de prancha de aglomerado de madeira Novopane com 22 mm de espessura*
PBA	*Lã mineral com revestimento têxtil de 30 mm*
PC	*Personal Computer* (Computador Pessoal)
PCA	Programas de Conservação da Audição
PCO_2	Exame de Ventilação
p_{Cpico}	Valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado "C", (medido em Pa)
PNR	*Predicted Noise Reduction* (Redução de Ruído Prevista)
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PSD	Opção "*Spectral Power Density*" para Visualização de Gráficos de Densidade de Potência Espectral no *Programa VSLM (Virtual Sound Level Meter)*
PTS	*Permanent Threshold Shift* (Deslocamento Permanente dos Limiares Auditivos)
PVC	*Polyvinyl Chloride* (Policloreto de Vinil)
QAI	*Quality Assessment Index* (Índice de Avaliação Qualitativa)
r	Distância à Fonte de Emissão Sonora (m)
R	Isolamento Acústico (dB)
R'	Índice de Redução Sonora
RAR	Redução Ativa do Ruído
RECLASS	Função do *Software* SIG *IDRISI* que permite a Reclassificação de uma Imagem em Zonas com Diferentes Níveis de Intensidade de Ruído
REGRESS	Função do *Software* SIG *IDRISI* que permite Quantificar o Grau de Concordância entre as duas Imagens, Analisando e Calculando Estatisticamente a sua Correlação
RF	*Radio Frequency* (Rádio Frequência)

[10] P300 (Potenciais Evocados Cognitivos) - Objetivos: Quantificar de forma objetiva a velocidade de processamento cognitivo global em tarefas simples. Idades: Adultos. Indicações clinicas: 1. Quadros de Défice Cognitivo Ligeiro. 2. Síndromes demenciais em fases iniciais. 3. Investigação etiológica de défices de memória. Descrição técnica: São registados os potenciais elétricos cerebrais associados à apresentação de estímulos auditivos comuns e estímulos auditivos raros, segundo um protocolo de "*oddball*". A diferença dos potenciais tem um máximo cerca dos 300 ms (P300), sendo que em casos de lentificação cognitiva esta latência está aumentada. A determinação seriada no tempo deste potencial permite uma avaliação da evolução do quadro clinico, que reforça a informação obtida pelos testes neuro psicológicos. (*A.L. Clínica Laboratorial* < *http://www.neuro.pt/p300.php>).*

RIT	Rede Irregular de Triângulos
RLE	*Run-Length Encoding* (Codificação de Ocorrências Consecutivas)
RMS	*Root Mean Square* (Raiz do Valor Quadrático Médio)
RP	Razões de Prevalência
Run-Run II	Protetores Auditivos *MODEP*
S	Área do Objeto em Estudo (Acústica de Edifícios)
S/N	*Signal to Noise Ratio* (Razão Sinal Ruído)
SER	Soldadura com Elétrodo Revestido
Sf	Desvios Padrões associados às Atenuações Médias do Protetor Auditivo (*Mf*)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SilentBlocs	*Apoios Antivibráticos, Absorssores de Energia provocadora de Vibrações e de Ruído decorrente do seu Normal Funcionamento*
SNR	*Single Number Rating*[11] (Classificação por Número Único)
SPL	*Sound Pressure Level (Nível de Pressão Sonora)*
T	Período de Tempo (Inverso da Frequência = 1/f)
T ou t	Tempo de Exposição ao Ruído
"t"	Teste "*t*" ou "*t*" de *Student* aplicado em Análise Estatística
"T"	Coeficiente de Transmissibilidade Intrínseco característico dos *SilentBlocs*
"T"	Tempo de Reverberação (s) do Recinto Recetor
T e T_0	Duração da Exposição ao Ruído (em anos), sendo neste caso T_0 igual a 1 ano (Norma *ISO 7029:2000*)
T_1	Tempo de Reverberação no Estado Inicial (Acústica de Edifícios)
T_2	Tempo de Reverberação com os Materiais Absorventes (Acústica de Edifícios)
TDAH	Transtorno do Deficit de Atenção e Hiperatividade
TDH-39P	Auscultadores *Telephonics Head-Fi*
T_e e T_0	Tempo de Duração Diária (em hoars) da Exposição Pessoal de um Trabalhador ao Ruído, sendo neste caso T_0 igual a uma jornada de 8 horas = 28800 segundos
t_i	Tempo Total de Exposição Parcial a que corresponde $L_{Ex,8h_i}$
TIG	*Tungsten Inert Gas* (Soldadura com Gás Inerte e Tungsténio)
TIN	*Triangular Irregular Network* (Rede Irregular de Triângulos)
T_k	T_k horas por Dia em que um Trabalhador está Exposto a um Nível de Ruído k, por cada Banda de Oitava
TTS	*Temporary Treshold Shift* (Deslocamento Temporário dos Limiares Auditivos)
Twig Grove	Módulo *Seeed Studio* com Microfone Sensor
u, v	*Constantes Dependentes da Frequência Audiométrica da Tabela 2 Norma ISO 7029:2000*
UHF	*Ultra High Frequency* (Hiperfrequências, Frequências Ultra Altas)
USB	*Universal Serial Bus* (Barramento Série Universal)
V	Volume da Sala Recetora (Acústica de Edifícios)

[11] Metodologia *SNR* para o cálculo da atenuação fornecida por protetores auditivos.

VLE-MP	Valor Limite de Exposição - Média Ponderada
VS	Voltage Supply (Tensão de Alimentação)
x	Variável Numérica
[x,y]	Linha “x” e Coluna “y” (numa matriz de valores, representando as coordenadas geográficas retangulares de um ponto num plano)
[x,y,z]	Sistema de Coordenadas Tridimensional
“y”	Coordenada “y” correspondente à Coluna no Plano Horizontal
“z”	Coordenada “z” correspondente a Altura ou Cota no Plano Vertical
Δ	Delta (Variação ou Diferença)
ΔL	Valor da Diminuição do Nível Sonoro após recurso a Superfícies Absorventes, função da Relação entre Tempos de Reverberação T_1 e T_2 (Acústica de Edifícios)
ΔLF	Fator de Desvio da Média Energética Espectral para Baixas Frequências
ΔLH	Fator de Desvio da Média Energética Espectral para Altas Frequências
ΔLM	Fator de Desvio da Média Energética Espectral para Médias Frequências
Δt	Intervalo de Tempo entre duas Amostras Consecutivas
€	*Euro*
λ	Comprimento de Onda
π	Pi[12] (Constante de valor aproximado a 3,1416)
ρ	Coeficiente de Correlação de *Pearson*
ρ^2	Coeficiente de Determinação
ρ	Massa Volúmica do Ar, enquanto Meio de Propagação (1,18 kg/m³)
χ^2	Teste de Qui-quadrado aplicado em Análise Estatística
Σ	Somatório[13]

[12] Em matemática, o número Pi é uma proporção numérica que tem origem na relação entre o perímetro de uma circunferência e o seu diâmetro; por outras palavras, se uma circunferência tem perímetro *p* e diâmetro *d*, então aquele número é igual a *p/d*. É representado pela letra grega *π*. A letra grega *π* (lê-se: pi), foi adotada para o número a partir da palavra grega para perímetro, "περίμετρος", provavelmente por *William Jones* em 1706, e popularizada por *Leonhard Euler* alguns anos mais tarde.

[13] Em matemática, a letra Σ é usada como símbolo de um somatório (somas definidas com alguma sequência, como uma progressão aritmética), ou de variáveis estatísticas.

Lista de Unidades de Medida

A	*Ampere*[14]
C	*Coulomb*[15]
cm	Centímetro = 10^{-2} m
dB	Decidel[16] (Grandeza de Medida de Nível de Pressão Sonora)
dB(A)	Decibel (Corrigido com a Curva de Ponderação “A”)
dB(B)	Decibel (Corrigido com a Curva de Ponderação “B”)
dB(C)	Decibel (Corrigido com a Curva de Ponderação “C”)
dB(D)	Decibel (Corrigido com a Curva de Ponderação “D”)
F	*Farad*[17]
h	Hora
Hz	*Hertz*[18]
J	*Joule*[19]
J/s	*Joule* por Segundo
kg	Quilograma
kg/m²	Quilograma por Metro Quadrado
kg/m³	Quilograma por Metro Cúbico
kHz	*Kilohertz* = 10^3 Hz
kΩ	*Kilo Ohm* = 10^3 Ω
m	Metro
m/s	Metro por Segundo

[14] *Ampere* ou ampère (símbolo: *A*) é a unidade de medida do SI de intensidade de corrente elétrica. O nome é uma homenagem ao físico francês *André-Marie Ampère* (1775-1836).
[15] *Coulomb* (símbolo: *C*) é a unidade de carga elétrica no SI. É, por definição, a carga elétrica transportada num 1 segundo por uma corrente de 1 *ampere*. É uma homenagem ao físico francês *Charles Augustin de Coulomb*, criador da Lei de *Coulomb*, lei da física que descreve a interação eletrostática entre partículas eletricamente carregadas, tendo sido formulada e publicada pela primeira vez em 1783 e foi essencial para o desenvolvimento do estudo da Eletricidade. O *coulomb* substituiu a unidade *franklin* (*Fr*), cujo nome homenageia o físico *Benjamin Franklin*. Esta unidade era usada no Sistema *CGS* de unidades. 1 *franklin* valeria 0,3336 × 10^{-9} *coulomb*.
[16] O decibel é uma unidade logarítmica que indica a proporção de uma quantidade física, geralmente energia ou intensidade, em relação a um nível de referência especificado ou implícito. Uma relação em decibel é igual a dez vezes o logaritmo de base 10 da razão entre duas quantidades de energia. Embora o Comité Internacional de Pesos e Medidas aceite a sua utilização com o sistema SI, não é uma unidade do SI. Apesar disso, seguem-se as convenções do SI, e a letra d é grafada em minúscula por corresponder ao prefixo “deci-“ do SI, e B é grafado em maiúsculo pois é uma abreviatura (e não abreviação) da unidade “bel” que é derivada de nome *Alexander Graham Bell*. Como o “bel” é uma medida muito grande para uso diário, o decibel (dB), que corresponde a um décimo de bel “B”, acabou por se tornar a medida de uso mais comum.
[17] *Farad* (símbolo: *F*) é a unidade de capacidade elétrica do SI. É uma homenagem ao cientista britânico *Michael Faraday* (1791 — 1867). Um *farad* corresponde à capacidade de armazenamento de energia elétrica de um condensador ou de um sistema de condutores, entre cujas placas exista uma diferença de potencial elétrico (tensão) de 1 *volt* (1 *V*), quando está carregado de uma quantidade de eletricidade igual a um *coulomb* (1 *C*).
[18] *Hertz* é uma unidade de medida derivada do SI para frequência, a qual expressa, em termos de ciclos por segundo, a frequência de um evento periódico, oscilações/vibrações ou rotações por segundo, representando uma homenagem ao físico alemão *Heinrich Hertz*. Utiliza-se principalmente na descrição de ondas sinusoidais, como as de rádio ou sonoras.
[19] *Joule* (símbolo: J, plural "*joules*") é a unidade usada para medir energia mecânica (trabalho), também utilizada para medir energia térmica (calor). No SI, todo o trabalho ou energia são medidos em *joules*. É uma homenagem ao físico britânico *James Prescott Joule* que em 1849 demonstrou a equivalência entre trabalho e calor, ao medir o aumento da temperatura de uma amostra de água quando uma roda de pás gira dentro dela.

mA	Miliampere = 10^{-3} A
min	Minuto
mm	Milímetro = 10^{-3} m
mV	Milivolt = 10^{-3} V
N	*Newton*[20]
$N.m^{-2}$	*Newton* por Metro Quadrado
Pa	*Pascal*[21]
p.p.	Ponto Percentual[22]
rpm	Rotações por Minuto
s	Segundo
UC	Unidade de Conta Processual para Multas e Coimas
V	*Volt*[23]
W	*Watt*[24]
W/m^2	*Watt* por Metro Quadrado
µPa	Micro *Pascal* = 10^{-6} Pa
Ω	*Ohm*[25]
º C	Grau *Celsius*[26]

[20] *Newton* (símbolo: *N*) é a unidade de medida de força, nomeada em homenagem a *Isaac Newton* como reconhecimento de seu trabalho sobre mecânica clássica. Corresponde à força exercida sobre um corpo de massa igual a 1 kg que lhe induz uma aceleração de 1 m/s² na mesma direção e sentido da força. É uma unidade derivada do SI.

[21] *Pascal* é uma unidade padrão de pressão e tensão no SI. Equivale à força de 1 *Newton* aplicada uniformemente sobre uma superfície de 1 m², sendo uma homenagem a *Blaise Pascal*, eminente matemático, físico e filósofo francês.

[22] Ponto percentual é a unidade que indica o valor absoluto da diferença entre percentagens. Por exemplo: se uma taxa de juros cai de 24% ao ano para 12% ao ano, pode-se dizer que houve redução de 50% {[(valor inicial)-(valor final)]/(valor inicial)}. A redução nesse caso não foi de 12%. Uma redução de 12% implicaria que o valor final fosse 12% menor que o valor inicial, ou seja, caísse de 24% a 21,12%. No caso da queda de 24% a 12%, seria correto dizer que houve redução de 12 pontos percentuais, podendo ser usado também como 12 p.p.

[23] *Volt*, ou vóltio (símbolo: *V*), é a unidade de tensão elétrica (diferença de potencial elétrico) do SI, sendo o potencial de transmissão de energia, em *Joules*, por carga elétrica, em *Coulombs*, entre dois pontos distintos no espaço. Se a tensão existente entre dois pontos corresponde a um *Volt*, então cada carga de um Coulomb que se movimenta entre tais pontos transmite um *Joule* de energia. O nome *'Volt'* é uma homenagem a *Alessandro Volta*, que desenvolveu a pilha voltaica, precursora da bateria elétrica.

[24] *Watt* (símbolo: *W*) é a unidade de potência do SI. É equivalente a um *Joule* por segundo (1 *J/s*). A unidade watt recebeu este nome em homenagem a *James Watt*, pelas suas contribuições para o desenvolvimento do motor a vapor, e foi adotada pelo segundo congresso da associação britânica para o avanço da ciência em 1889.

[25] *Ohm* (símbolo: *Ω*) é a unidade de medida da resistência elétrica, padronizada pelo SI. Corresponde à relação entre a tensão (medida em volts) e uma corrente (medida em amperes) sobre um elemento, seja ele um condutor ou isolante. É uma homenagem a *Georg Simon Ohm* (1787-1854), que descobriu relações matemáticas extremamente simples envolvendo as dimensões dos condutores e as grandezas elétricas, definindo o conceito de resistência elétrica e formulando o que passou a ser chamada de Lei de *Ohm*.

[26] O grau Celsius (símbolo: °C) designa a unidade de temperatura, assim denominada em homenagem ao astrónomo sueco *Anders Celsius* (1701–1744), que foi o primeiro a propô-la em 1742. A escala de temperatura Celsius possui dois pontos importantes, o ponto de congelação (congelamento) da água correspondente ao valor zero e o ponto de ebulição correspondente ao valor 100, observados a uma pressão atmosférica padrão, também chamada de pressão normal.

RESUMEN DE LA TESIS EN LENGUA ESPAÑOLA

A - Introducción

En este capítulo se explican las razones de la elección del tema y las hipótesis que se desarrollan en este trabajo de investigación, y se enumeran de forma sistemática los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar con el mismo.

Desde una perspectiva de contextualización de la problemática del ruido, se hace alusión a los múltiplos efectos que éste tiene en la salud y los riesgos asociados, tanto desde el punto de vista del desarrollo de enfermedades profesionales como de accidentes de trabajo, como el universo de las personas expuestas a esta problemática.

Se caracteriza de forma técnica y sistemática el sonido, por la importancia aplicada que presenta en los cálculos y en la comprensión de los fenómenos relacionados por las variaciones de presión sonora sobre los trabajadores.

Se presenta, también un resumen de los aspectos fundamentales de la anatomía y fisionomía de la audición, abordándose la evaluación de la función auditiva y la realización de audiometrías, así como los criterios para el cálculo y clasificación de la pérdida de audición, con especial atención a la edad y a la exposición al ruido.

Por último, en términos de calidad acústica ambiental, se enumeran de forma general los criterios que regulan el ruido en espacios ocupados y la comodidad acústica.

Motivación para elección del tema:

La elección del tema se debe a la tomada de conciencia de que el ruido es un elemento muy significativo de perturbación para la salud y el bienestar de los trabajadores en el área de la industria, por lo que es necesario encontrar formas rápidas e innovadoras de prevenir los daños que éste pueda causar en trabajadores, teniendo en cuenta aspectos importantes como: el problema del ruido y los daños que provoca, la legislación y seguridad sobre el ruido, el control reglamentario sobre la ergonomía y la comodidad relativamente al ruido, el control y prevención técnica del ruido, medición representativa del ruido como problema que existe, la posibilidad de mejorar y la necesidad de innovar.

Objetivos del trabajo:

El objetivo general de este trabajo se centra en el desarrollo de un sistema de gestión del ruido ambiental en la industria para evaluar en tiempo real los riesgos para la salud de los trabajadores expuestos a este problema, de forma expedita y organizada, al desarrollo de métodos adecuados de prevención y de protección que permitan reducir el nivel de exposición con vista a la protección continuada de la salud. Se pretende alcanzar este objetivo general a través de objetivos específicos como: desarrollo de un modelo de sistema para el análisis de niveles de ruido a distancia, evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores expuestos al ruido, protección contra el riesgo, políticas de protección y evaluación de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos con el sistema automático podrán ser evaluados con los resultados obtenidos a través de las mediciones tradicionales (usando sonómetros y dosímetros).

La intención es crear un modelo que se ajuste y refleje la realidad (en lo que se refiere a niveles acústicos y de exposición del ruido), teniendo en cuenta diferentes variables que puedan surgir y cuya estrategia de actuación se puede resumir a los siguientes puntos:

1. Caracterizar las actividades desarrolladas, las fuentes emisoras del ruido y los locales de trabajo.

2. Realizar mediciones en todos los lugares de trabajo, con un sonómetro recogiendo información en todas las bandas de octava del ruido presente.

3. Analizar el espectro del ruido en cada puesto de trabajo y su influencia sobre la exposición diaria de las personas que trabajan en ese local.

4. Seleccionar de forma adecuada los protectores auditivos, usados por los trabajadores expuestos a niveles elevados de ruido.

5. Proponer un modelo de sistema de adquisición, registro y tratamiento de señales sonoras que permita un análisis detallado del ruido y de su impacto sobre los trabajadores.

6. Usar mapas y gráficos con información estadística y de influencia del ruido en el espectro de frecuencias.

7. Proponer medidas de prevención y protección colectivas e individuales para minimizar el riesgo de la exposición al ruido.

8. Proponer medidas de ajuste y/o reparación de la maquinaria dependiendo de las posibles anomalías que se detecten.

9. Indicar caminos de investigación para futuros desarrollos en este area que permitan la profundización de este tema, donde todavía hay un campo abierto a la investigación y producción de conocimiento científico.

Hipótesis a desarrollar:

En este trabajo, parte de la idea inicial de que la protección de los trabajadores a la exposición al ruido se fundamenta en la hipótesis más conservadora de que cualquier dosis de ruido, por más baja que sea, puede provocar efectos negativos para la salud.

En este contexto, se pretenden desarrollar las siguientes hipótesis de trabajo:

- ✓ En la industria metalúrgica y metalmecánica existen niveles elevados de exposición al ruido con gran peligro para la salud de los trabajadores expuestos.
- ✓ En este tipo de industria existen trabajadores expuestos a niveles de ruido significativos.
- ✓ Existe un riesgo particularmente elevado para la salud de los trabajadores, derivado de la exposición al ruido que proviene de cierto tipo de actividades maquinarias y herramientas en los locales de trabajo.

- ✓ La exposición al ruido asociada a otros agentes contaminantes, como las vibraciones, pueden potenciar significativamente el desarrollo de otras enfermedades profesionales en los trabajadores, además de la sordera.
- ✓ Existe una relación causa efecto demostrable entre la exposición al ruido y el desarrollo de enfermedades profesionales en trabajadores expuestos.
- ✓ Se pueden desarrollar e implementar mecanismos simples y eficaces para la monitorización y control de la exposición ocupacional al ruido en los lugares de riesgo elevado.

Es posible desarrollar en Portugal una cultura de sensibilización para los riesgos derivados de la exposición al ruido y promover las bases científicas que permitan la implantación de políticas adecuadas de prevención y protección de los trabajadores.

Efectos del ruido en la salud:

Con el objetivo de llegar a una adecuada comprensión sobre los efectos causados por el ruido en la salud humana, se procedió a una búsqueda criteriosa bibliográfica que condujo a una síntesis de información organizada con enfoque en aspectos importantes como: dificultades de conversación debido al ruido; evolución de la sordera profesional; pérdidas de audición; acúfenos, agresiones acústicas; enfermedad vibro-acústica; el ruido y los accidentes; efectos combinados; otros efectos en la salud; riesgos de pérdida de audición; exposición al ruido y universo de personas en riesgo.

Características del sonido:

Con el objetivo de realizar una correcta interpretación de los fenómenos asociados al ruido, se realizó una búsqueda de información sobre las características físicas y matemáticas del sonido, abordando definiciones de base como: presión sonora y nivel de presión sonora; energía de una onda sonora; potencia e intensidad sonora y aritmética de los niveles de presión sonora.

Anatomía y fisiología de la audición:

Se ha tenido en cuenta el conocimiento de la anatomía y de la fisiología de la audición como elementos esenciales para una adecuada comprensión de los fenómenos asociados a la influencia del ruido en los seres humanos, se procedió a una búsqueda que incidió sobre: las funciones del oído externo, y del oído medio en relación a la transmisión de las ondas sonoras y del oído interno relativamente a la percepción de las mismas, detallándose detalles funcionales de la cóclea, del vestíbulo y de la enervación coclear; y la cadena de elementos referidos al proceso auditivo.

Evaluación de la función auditiva – audiometría;

Criterios para el cálculo y clasificación de las pérdidas auditivas;

Pérdidas auditivas en función de la edad y de la exposición al ruido:

Como base importante de información a la realización de este estudio, se reunió un conjunto de definiciones, tópicos y reglas esenciales sobre exámenes audio-métricos, clasificación de pérdidas auditivas e influencia de la edad y de la exposición al ruido para su desarrollo.

Calidad acústica ambiental:

Cuando las personas que están en un espacio presentan reclamaciones debido a ruidos de naturaleza intrusiva, deberán emplearse métodos de evaluación acústica para determinar de qué forma esos estímulos sonoros pueden ser realmente responsables por las situaciones de perturbación relatadas.

En este sentido, se han ido desarrollando métodos de evaluación y criterios acústicos empleados actualmente en diversas situaciones, con el objetivo de adecuar el ambiente acústico de espacios ocupados a las correspondientes exigencias de comodidad relacionadas con las actividades previstas.

Teniendo como bases esta preocupación relacionada con este estudio, se reunió un conjunto de información sobre definiciones y prácticas como: criterios de comodidad acústica (nivel sonoro global y curvas de comodidad ambiental *NC*, *NR*, *PNC*, *RC*, *LFRC*, *NCB* y *RC Mark II*); criterios reglamentares sobre ruido en espacios ocupados (RGR – Reglamento General del Ruido, Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de enero, y RRAE - Reglamento de los Requisitos Acústicos de los Edificios, Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junio).

B – Antecedentes / Revisión Bibliográfica

En este capítulo, que resulta de una recogida de información bibliográfica de publicaciones catalogadas en la base de datos *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, se analiza un conjunto reciente de trabajos anteriores y estudios epidermiológicos, realizados por varios autores, identificándose, cronológicamente y después, los puntos de mayor importancia en el ámbito e influencia estratégica asociada al trabajo desarrollado en esta Tesis, terminando con una síntesis de la legislación y reglamentos aplicables.

Trabajos anteriores:

En este estudio ha sido realizada una búsqueda bibliográfica exhaustiva, de la cual resultan los puntos de mayor relevancia e influencia estratégica relacionada con este trabajo y que así se pueden clasificar en vertientes diferentes aunque se complementan:

1) Impacto Ambiental:
   - ✓ Año 2007 - Desarrollo y puesta en práctica de soluciones para la reducción del ruido industrial, mediante el análisis espectral y la localización de puntos calientes.
   - ✓ Año 2009 - Evaluación del ruido industrial en el medio ambiente para identificación de las actividades principales y fuentes internas y externas causadores del ruido, teniendo en cuenta el mapeo computacional la propagación del ruido y proponiendo medidas de contención para su control.
   - ***Sinergias*** ➔ *Análisis espectral, localización de los puntos calientes y mapeo computacional, con el objetivo de reducir el ruido ambiente en un contexto industrial.*
2) Industria Metalúrgica y Metalmecánica:
   - ✓ Año 2012 - Identificación de los componentes emisores de niveles elevados de ruido y vibraciones en equipos industriales, teniendo en cuenta el análisis espectral y relacionando la exposición al ruido con el tipo de protector auditivo más adecuado.

- ✓ Año 2013 - Evaluación preliminar del ruido en una industria de gran porte, teniendo en cuenta el análisis espectral y procesamiento de señales auditivas, por la densidad espectral de potencia de la audición en la línea de 0 – 500 Hz y por la auto-relación de las muestras.

- ***Sinergias*** ➔ *Procesamiento de las señales auditivas, densidad espectral y selección de protectores auditivos, aplicados al sector metalúrgico y metalmecánico.*

3) Herramientas de Información Geográfica:

- ✓ Año 2004 - Elección y uso de una herramienta de información geográfica del tipo matricial para producir mapas y gráficos de ruido, procediendo a una estimativa de la influencia del ruido en una unidad industrial a través de la simulación en fase de proyecto y realización de una comparación con modelos alternativos simplificados, recorriendo a técnicas de interpolación de medidas.

- ✓ Año 2007 – Arquitectura de un sistema de gestión del ruido industrial, teniendo en cuenta la metodología de la interpolación de triángulos irregulares (*TIN*) para producir mapas y gráficos del ruido, y procediendo a una evaluación del riesgo de la exposición de los trabajadores al ruido, en función de su localización y del tiempo que permanecen en el local de trabajo, acompañada de un programa de medidas para la reducción del ruido.

- ***Sinergias*** ➔ *Herramientas de información geográfica, técnicas de interpolación de mediciones, producción de mapas y gráficos de ruido en ambiente industrial.*

4) Sistemas Indicadores de Ruido:

- ✓ Año 2008 - Desarrollo de un indicador de línea de nivel de presión sonora de bajo costo, actuando como sistema permanente de análisis de ruido, realizado a través de tres conjuntos luminosos: verde, amarillo y rojo, dependiendo del nivel de ruido ambiental, en dB(A).

- ✓ Año 2010 – Creación de un índice de ruido ocupacional de apoyo a la gestión del ruido industrial, reuniendo características como la significancia para la evaluación del sistema, validez, objetividad, consistencia, coherencia, sensibilidad a las modificaciones y clareza sobre lo que sea evaluado, la forma, el tiempo y las razones para que se evalúe.

- ***Sinergias*** ➔ *Indicador de línea de nivel de presión sonora e índice comparativo de ruido ocupacional, aplicados al análisis continuo del ruido industrial.*

Estudios epidemiológicos:

Para este estudio ha sido efectuada una exhaustiva búsqueda bibliográfica de la cual resaltan puntos de gran importancia en el área e influencia relacionadas con este trabajo y que inciden sobre la Pérdida de Audición Inducida por el Ruido (PAIR), el Grado de Deficiencia Auditiva, el Ruido Ocupacional Excesivo y el Zumbido (Acúfenos), cuya síntesis se presenta así de forma cronológica:

- ✓ Año 2005 - Prevalencia de casos sugestivos de PAIR en trabajadores metalúrgicos expuestos a niveles de ruido entre 83 y 102 dB, en relación a los programas PCA y PPRA, (Conservación Auditiva y Prevención de Riesgos Ambientales) y a PAIR.

- ✓ Año 2007 – Determinación del Grado de Deficiencia Auditiva en trabajadores expuestos al ruido industrial, en relación a los niveles de ruido en los puestos de trabajo, a pruebas audio-métricas, a la influencia de la edad, del sexo, de la ocupación y del tiempo de exposición y a la evidencia de pérdida auditiva profesional.
- ✓ Año 2011 – Pérdida auditiva en trabajadores expuestos a Ruido Ocupacional Excesivo, mediante el hallazgo de correlación entre la pérdida de audición, la edad y la exposición (tiempo y nivel sonoro), a través de estudios generales del ruido, de exámenes audiométricos, de encuestas y de análisis y tratamiento estadístico.
- ✓ Año 2011 – Verificación de las características, de la prevalencia y de la repercusión del Zumbido en trabajadores expuestos al ruido, a través de la relación del ruido con la pérdida de audición, a la gravedad del zumbido en la vida del trabajador, y a los factores que influyen en la percepción del zumbido, al PPRA, y al análisis estadístico por la relación de *Spearman* y pruebas χ^2, "*t*" de *Student* y "G".
- ✓ Año 2013 – Incidencia y prevalencia de PAIR en trabajadores metalúrgicos, a través del Análisis en Componentes Principales (ACP): Relación entre la exposición al ruido y pérdidas auditivas; Relación entre edad y banda de frecuencia de 500 Hz del oído izquierdo; Tiempo de exposición.
- ✓ Año 2014 – Estimación sobre la incidencia y la prevalencia de déficit auditivo sugestivo de PAIR en trabajadores metalúrgicos, por asociación a la edad y tiempo de servicio, y a través de la curva audio-métrica compatible con la normalidad, de la curva audio-métrica sugestiva de PAIR y de la clasificación de la pérdida auditiva de *Silman & Silverman*.

Resumen del conocimiento actual:

Los estudios epidemiológicos analizados, muestran un ligero aumento en la tasa de incidencia de la sordez, aunque para niveles más bajos de exposición al ruido, resultados que, asociados a situaciones de mayor sensibilidad individual, sugieren la posibilidad de que dosis bajas de exposición al ruido pueden suponer daños graves en la salud de los trabajadores.

Este efecto es fuertemente ampliado en trabajadores fumadores o cuando hay exposición simultánea a otras sustancias inhalables. En este sentido, deberá también ser tenida en cuenta la existencia de trabajadores con una mayor sensibilidad al ruido, bien como los efectos de los diversos tipos de emisión de ruido presentes en el lugar.

En esta fase de búsqueda han sido identificados casos de niveles significativos de ruido en la industria metalúrgica y metalmecánica, nacional e internacional. Estos valores han sido confirmados por las mediciones realizadas en este trabajo, pudiendo por lo tanto afirmarse que el ruido en este tipo de industria presenta niveles significativos y bastante variados.

El uso regular de protectores auditivos se presentó estadísticamente y asociado a los casos sugestivos de PAIR, evidenciando prevalencias menores de casos sugestivos de PAIR en trabajadores que relatan regularidad en el uso, enfatizando la necesidad de indicación, adecuación y acompañamiento en el uso del EPI, cuando la protección colectiva sea insatisfactoria.

La consulta de los estudios de ruido disponibles permitió constatar que el proceso fabril es generador de niveles de presión sonora bastante elevados. Se debe realzar la importancia de una muestra amplia y bien caracterizada, de forma a que elimine todas las situaciones que puedan llevar a incertezas o al nivel de interpretación de los resultados.

Se verifica así la necesidad de ampliar los estudios en el área de la Salud del Trabajador considerando la influencia de otros agentes agresores a la salud auditiva, para minimizar o eliminar tales riesgos en el ambiente de trabajo.

El tiempo de actividad en la empresa y la historia positiva de traumatismo craniano, a pesar de presentar significancia solo marginal, merecen ser considerados, porque son relevantes en el contexto del desarrollo de la sordera.

La legislación portuguesa, concretamente en el Decreto-Ley n.º 182/2006, de 6 de septiembre, indica que cualquier trabajador que esté en su puesto de trabajo expuesto diariamente a un valor superior o igual a 80 dB(A) debe ser considerado como trabajador expuesto y se le deberán aplicar todos los requisitos de vigilancia médica, de análisis de los locales de trabajo y de protección contra el ruido estipulados en la referida ley.

Legislación y reglamentos:

Encuadrándose la seguridad y protección de la salud de los trabajadores contra los peligros que resultan del ruido, en un conjunto extenso de diplomas legales, reglamentos y normas, se efectuó una búsqueda y análisis profundo de esta documentación en un contexto global, presentando una síntesis de la legislación portuguesa y europea, y de las normas portuguesas e internacionales relacionadas con el agente físico del ruido.

En este sentido y por su importancia para este estudio, se identifican las líneas orientadoras de alguna legislación portuguesa en vigor:

- ✓ Decreto-Ley n.º 182/2006, de 6 de septiembre - normas mínimas de seguridad y salud en lo que respecta a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados del ruido.
- ✓ Ordenanza n.º 702/80, de 22 de septiembre – reglamento general para la prevención técnica de los riesgos profesionales y a la higiene en los establecimientos industriales.
- ✓ Decreto Reglamentar n.º 76/2007, de 17 de julio - lista de enfermedades que pueden ser consideradas de origen profesional e índice codificado asociado.
- ✓ Decreto-Ley n.º 352/2007, de 23 de octubre - aprueba la Tabla Nacional de Incapacidades por Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales y la Tabla Nacional para Evaluación de Incapacidades Permanentes en Derecho Civil, para cálculo de las incapacidades del siniestrado o enfermo y consecuentemente el derecho a la mejora o compensación.

C - Materiales y Métodos

En este capítulo, se desarrolla y se pone en práctica una metodología de trabajo que permite evaluar los riesgos causados por el ruido de una unidad industrial, caracterizándose los sectores metalúrgico y metalmecánico, bien como como las instalaciones industriales donde serán efectuadas las mediciones, y estudiándose los procesos de creación de la unidad de producción de sistemas de vallas metálicas.

Se identifican varias situaciones donde pueden ocurrir niveles de exposición significativos al ruido, originadas por las diferentes máquinas en operación, construyendo así una base importante de información para realizar medidas correctivas y preventivas que puedan ser aplicadas sobre las fuentes emisoras, en lo que se refiere a la protección colectiva, y se procede a una evaluación individual de exposición personal diaria al ruido, recorriendo a un análisis espec tral detallado y para realizar una adecuada selección de protectores auditivos.

Finalmente, se propone un modelo de sistema de adquisición, registro y tratamiento de señales sonoras que permita un análisis detallado del ruido y de su impacto sobre los trabajadores, a través de mapas y gráficos con información estadística y de influencia del ruido en el espectro de frecuencias.

Metodología del trabajo:

Después de un encuadramiento previo sobre los procedimientos esenciales que se deben considerar en las mediciones del ruido, el tipo de información a analizar, los métodos a aplicar, los instrumentos a utilizar, las reglas a observar y los modelos de previsión, se procedió a la aplicación de una metodología que consiste en los siguientes pasos:

a) Caracterización de la unidad industrial metalúrgica y metalmecánica, en estudio.

b) Lista de actividades desarrolladas, fuentes emisoras de ruido y locales de trabajo.

c) Realización de mediciones con un sonómetro Brüel & Kjær, modelo 2260, en todos los locales de trabajo, recogiendo información sobre los niveles de presión sonora en bandas de octava.

d) Análisis espectral de ruido en cada puesto de trabajo.

e) Evaluación de la exposición personal diaria de los trabajadores al ruido.

f) Presentación de medidas de control, prevención y protección, tanto colectivas, como individuales para la eliminación o disminución del riesgo de la exposición al ruido.

g) Selección adecuada de los protectores auditivos que deben utilizar los trabajadores.

h) Modelo conceptual de sistema para adquisición, registro y tratamiento de señales sonoras capaz de hacer un análisis detallado del ruido y de su impacto sobre los trabajadores.

i) Utilización de mapas y gráficos sobre la influencia del ruido en el espectro de las frecuencias.

Medición del ruido:

Como fuente de información y base de orientación a los trabajadores de campo, se enumeran las definiciones y reglas esenciales asociadas a las mediciones del ruido, es decir sobre: bandas de octava, línea audible, curvas de ponderación, tipos de ruido, análisis temporal del ruido - nivel sonoro continuo equivalente, instrumentos de medición y calibre, métodos de medición del ruido y modelos de previsión del ruido.

Caracterización del estudio de caso:

Los trabajos de campo, donde se observaron las condiciones de exposición al ruido, fueron realizados en las instalaciones industriales de PAIS MATIAS, Lda, empresa metalúrgica y metalmecánica situada en la zona industrial de Santarém, Portugal, que se dedica a la producción y comercialización de sistemas de cercas metálicas, bien como a su instalación, a través de equipos externos de montaje especializado en este tipo de servicio.

Se comienza por una breve caracterización del sector metalúrgico y metalmecánico, procediéndose por lo tanto a la caracterización de la unidad industrial en estudio, certificada con el Sistema de Gestión de Calidad (NP *EN ISO 9001:2008*), contando actualmente con 40 trabajadores y con Servicio de Salud y de Higiene y Seguridad del Trabajo garantizado por servicios externos.

El estudio que resultó, incidió sobre el análisis de los resultados obtenidos, permitiendo la identificación de los locales de trabajo más expuestos al ruido, conforme el ejemplo de la Figura 1 que representa las actividades inherentes a la producción de red elástica, para que sea expuesta a medidas correctivas de prevención colectiva e individual, en lo que se refiere al efecto de protección de la salud de los trabajadores, y de funcionar también como puntos importantes para una posible instalación de sensores sonoros en el sistema de análisis del ruido propuesto en este estudio.

FABRICACIÓN DE RED ELÁSTICA		
Actividad	**Equipamiento**	**Descripción**
		Alimentación de las Máquinas 1 y 2 con dos bobinas de alambre por máquina; Preparación mecánica de las dimensiones de corte, trabajo y enrollamiento; Programación informática de las operaciones de producción; Colección de los rodillos.
Producción		Sistema automático de alimentación de los alambres a partir de cada uno de los dos rodillos para la preparación y fabricación de la malla de red elástica cruzada y plastificada.
Enrollamiento		Finalización de la red elástica plastificada con enrollamiento automático del producto acabado.

Figura 1 – Fabricación de red elástica

(Fuente: Autor)

Medidas de control, prevención y protección:

Como fuente de información y base de orientación a las acciones a poner en práctica, se enumeran las definiciones y reglas esenciales asociadas a la aplicación de las medidas de control, prevención y protección colectiva e individual, es decir sobre: la organización de recursos humanos; ingeniería sobre fuentes emisoras y vías de propagación del ruido; selección y utilización de protectores auditivos y programas para la conserva de la audición.

Adquisición, registro de señales sonoras y análisis del ruido:

Sistema de adquisición y registro de señales sonoras:

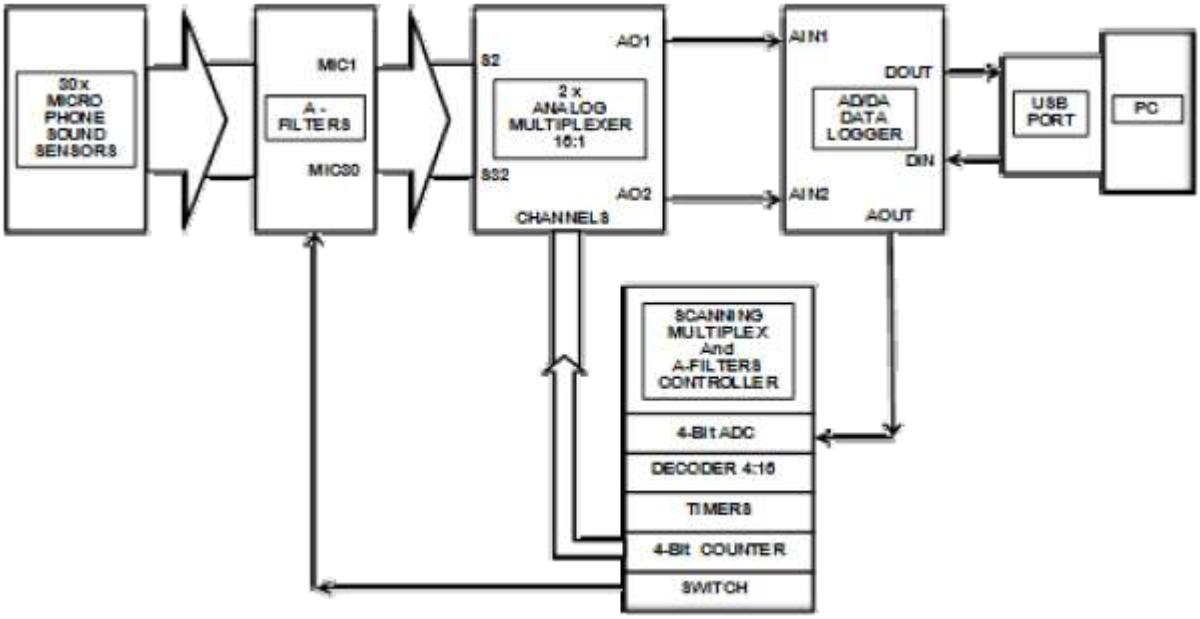


Figura 2 – Diagrama de bloques del sistema de adquisición y registro de señales sonoras

(Fuente: Autor)

La Figura 2 representa el diagrama de bloques del sistema de adquisición y registro de señales sonoras, que permite la elección de señales sonoras captadas por lo micrófonos, Figura 3, posibles de instalar y su seguimiento por multiplexación, filtrado o no, hasta los 2 canales analógicos del "*Data Logger*", Figura 4, que los enviará en formato digital al programa "*EasyLogger*", Figura 5, de análisis y registro, a través de un enlace *USB*.

El sentido contrario de la información, a través del canal analógico de salida del "*Data Logger*", se utiliza para seleccionar el modo de filtro de las señales de los micrófonos, bien como para parametrizar los temporizadores, permitiendo el control de los contadores responsables por la cadencia de multiplexación en relación con la frecuencia de la muestra escogida por el programa "*EasyLogger*".

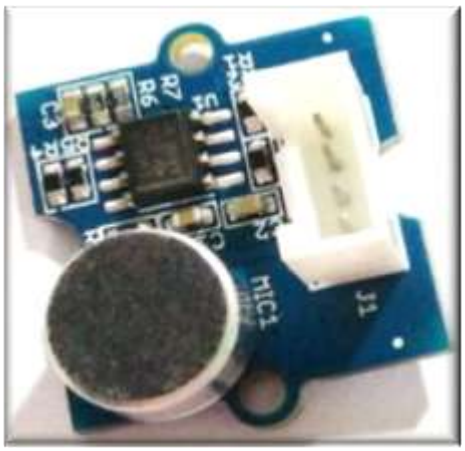


Figura 3 – Sensor *Twig Grove*

(Fuente: *Seeed Studio*, 2015)

Figura 4 – Equipo *EasySYNC Data Logger DS1M12*

(Fuente: *EasySYNC*, 2015)

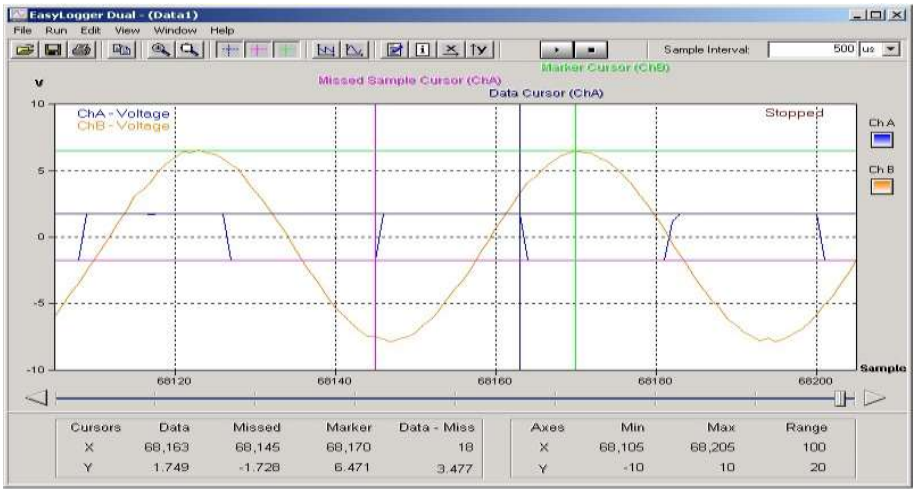


Figura 5 – Entorno gráfico del *EasyLogger Dual DS1M12*

(Fuente: *EasySYNC*, 2015)

Tratamiento de señales sonoras y análisis del ruido:

La Figura 6 representa el diagrama de bloques del modelo conceptual informático para el sistema de adquisición y registro de señales sonoras que permite, en el flujo superior la producción de Mapas y Gráficos de Ruido por recurso al SIG *IDRISI Kilimanjaro*, a partir de niveles de presión sonora filtrados con ponderación "A" registrados por el programa "*Easy Logger Dual DS1M12*", y en el flujo inferior a la producción de Gráficos por el programa *VSLM (Virtual Sound Level Meter)* para el Análisis Espectral, a partir de niveles de presión sonora sin filtro.

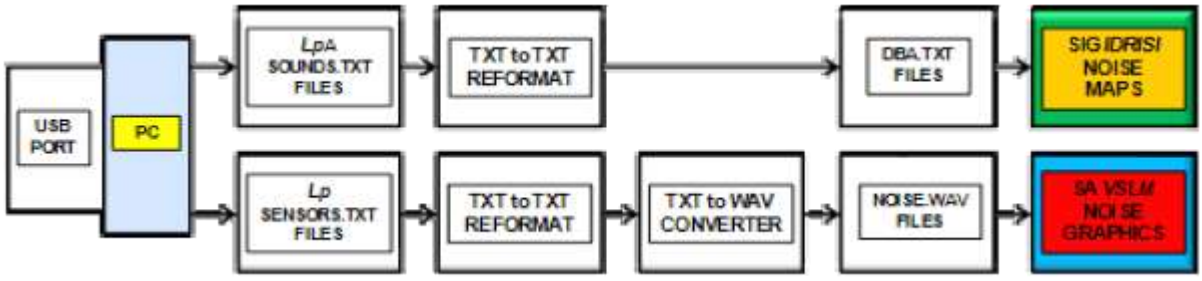


Figura 6 – Diagrama de bloques del sistema de tratamiento de señales sonoras y análisis del ruido

(Fuente: Autor)

La Figura 7 ilustra el entorno gráfico del SIG *IDRISI Kilimanjaro*.

Figura 7 – Entorno gráfico del SIG *IDRISI Kilimanjaro*

(Fuente: *Clark Labs*, 2007)

La Figura 8 ilustra el entorno gráfico del *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*.

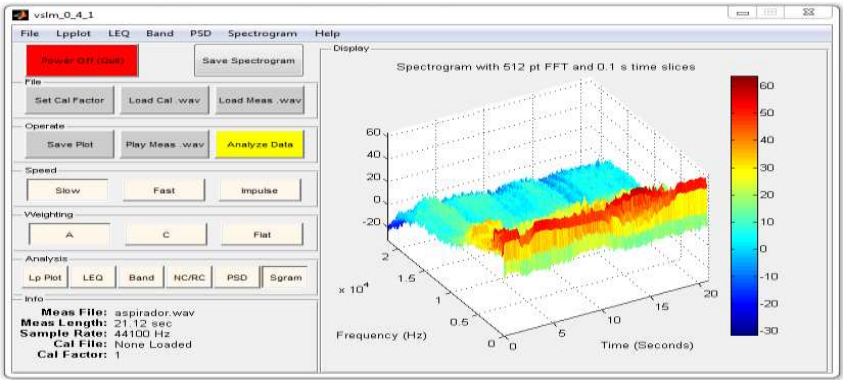


Figura 8 – Entorno gráfico del *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*

(Fuente: *SourceForge*, 2015)

Resultado del programa "*EasyLogger Dual*" y función del "*WAV Converter*" que se usará, es posible con "*Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++), DNASoft*", Figura 9, que permite la conversión de ficheros con información "TXT" para un formato audio (.WAV), se conseguirá de esta forma su interpretación por el *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*, para producir Gráficos e Histogramas con Análisis Espectral del Ruido.

Figura 9 – Entorno gráfico del *Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++), DNASoft*

(Fuente: *DNA Soft*, 2015)

D - Resultados y Discusión de Resultados

En este capítulo, se presentan los valores de las emisiones de ruido obtenidos en las mediciones efectuadas en los locales de trabajo de la unidad industrial en estudio, identificándose los locales de trabajo con mayor nivel de exposición al ruido y las máquinas que para tal contribuyen. Después se hace un abordaje sobre los aspectos esenciales que destacan en el análisis espectral resultante del detalle de las mediciones efectuadas al nivel de las bandas de octava. Se presentan, también, los valores resultantes de la exposición ocupacional individual al ruido, en lo que se refiere a todos los trabajadores a lo largo de un día de trabajo, teniendo en cuenta sus tiempos medios en el área de influencia en cada espacio de trabajo.

Apoyándonos en los resultados encontrados, esenciales a una estrategia decisiva sobre las acciones prioritarias de prevención y protección colectiva, que incluyen la puesta en práctica de medidas de ingeniería y de organización del trabajo que puedan minimizar el impacto negativo en la salud de los trabajadores expuestos al ruido, se procede, cuando se justifique, a la selección de los protectores auditivos más adecuados para la utilización de cada trabajador, en relación a su función y de su permanencia en los diferentes locales de trabajo.

Por último, se resumen las funciones del sistema propuesto para adquisición y registro de señales sonoras a recoger por sensores distribuidos por los locales de trabajo con mayor efecto de exposición al ruido sobre los trabajadores, y se describen los pasos principales que conducen al tratamiento de las señales sonoras registradas por el sistema y a la producción de los mapas, informes y gráficos del ruido, esenciales a los procedimientos analíticos a realizar sobre cada tipo específico de esta importante fuente de información de apoyo a la gestión.

Emisiones del ruido en los lugares de trabajo:

En la Tabla 1 se presentan los niveles de ruido $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A), por orden decreciente, presentes en los locales de trabajo, y su representación gráfica, Figura 10 y Figura 11.

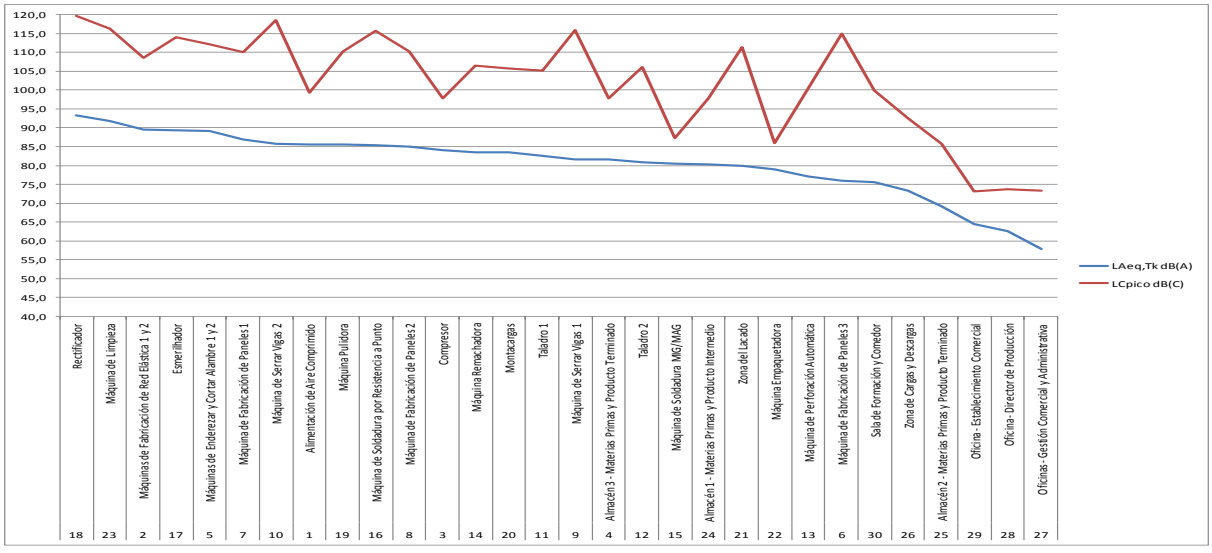


Figura 10 – Gráfico con los niveles de ruido $L_{Aeq,Tk}$ en dB(A), en los locales de trabajo

(Fuente: Autor)

#	Locales de Trabajo / Máquinas	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	L_{Cpico} dB(C)
18	Rectificador	**93,3**	119,7
23	Máquina de Limpieza	**91,7**	116,3
2	Máquinas de Fabricación de Red Elástica 1 y 2	**89,5**	108,5
17	Esmerilhador	**89,3**	114,1
5	Máquinas de Enderezar y Cortar Alambre 1 y 2	**89,1**	112,2
7	Máquina de Fabricación de Paneles 1	**86,8**	110,1
10	Máquina de Serrar Vigas 2	**85,8**	118,5
1	Alimentación de Aire Comprimido	**85,6**	99,3
19	Máquina Pulidora	**85,5**	110,3
16	Máquina de Soldadura por Resistencia a Punto	**85,3**	115,7
8	Máquina de Fabricación de Paneles 2	**85,0**	110,3
3	Compresor	**84,1**	97,8
14	Máquina Remachadora	**83,4**	106,5
20	Montacargas	**83,4**	105,8
11	Taladro 1	**82,6**	105,1
9	Máquina de Serrar Vigas 1	**81,7**	116,0
4	Almacén 3 - Materias Primas y Producto Terminado	**81,6**	97,9
12	Taladro 2	**80,8**	106,2
15	Máquina de Soldadura MIG/MAG	**80,4**	87,2
24	Almacén 1 - Materias Primas y Producto Intermedio	**80,3**	97,8
21	Zona del Lacado	**79,9**	111,4
22	Máquina Empaquetadora	**78,9**	85,9
13	Máquina de Perforación Automática	**77,1**	100,4
6	Máquina de Fabricación de Paneles 3	**76,0**	114,9
30	Sala de Formación y Comedor	**75,5**	99,8
26	Zona de Cargas y Descargas	**73,4**	92,6
25	Almacén 2 - Materias Primas y Producto Terminado	**69,2**	85,7
29	Oficina - Establecimiento Comercial	**64,5**	73,1
28	Oficina - Director de Producción	**62,6**	73,7
27	Oficinas - Gestión Comercial y Administrativa	**57,8**	73,4

Tabla 1 – Niveles de ruido $L_{Aeq,Tk}$ en dB(A), por orden decreciente, en los locales de trabajo

(Fuente: Autor)

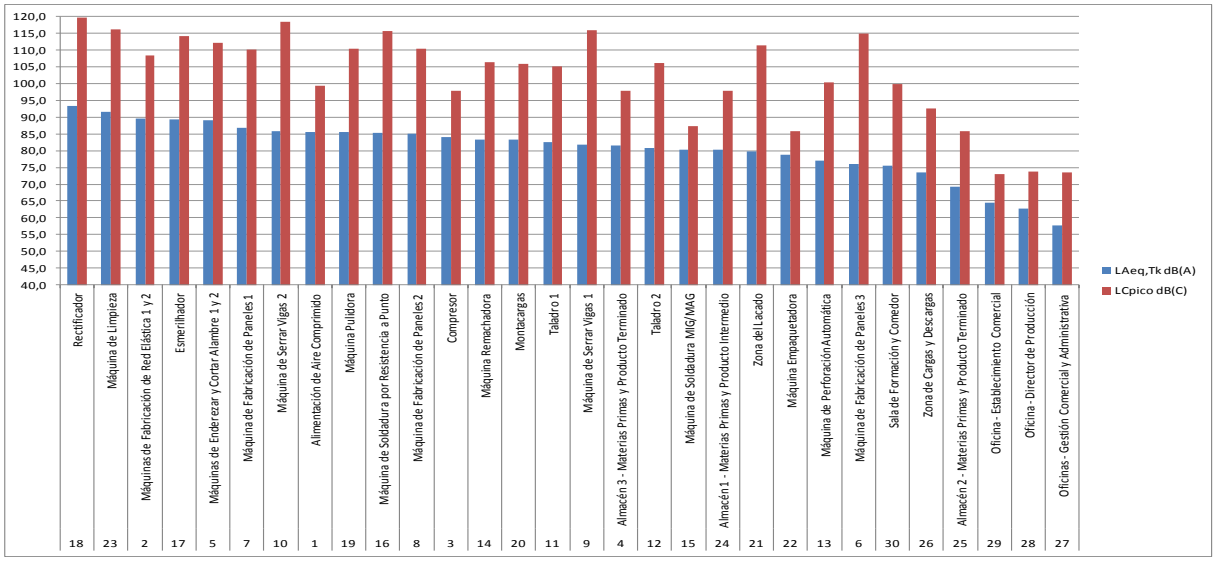


Figura 11 – Gráfico de barras con los niveles de ruido $L_{Aeq,Tk}$ en dB(A), en los locales de trabajo

(Fuente: Autor)

En la Tabla 2 se presentan los niveles de ruido *L*Cpico em dB(C), por orden decreciente, presentes en los locales de trabajo, y su representación gráfica, Figura 12 e Figura 13.

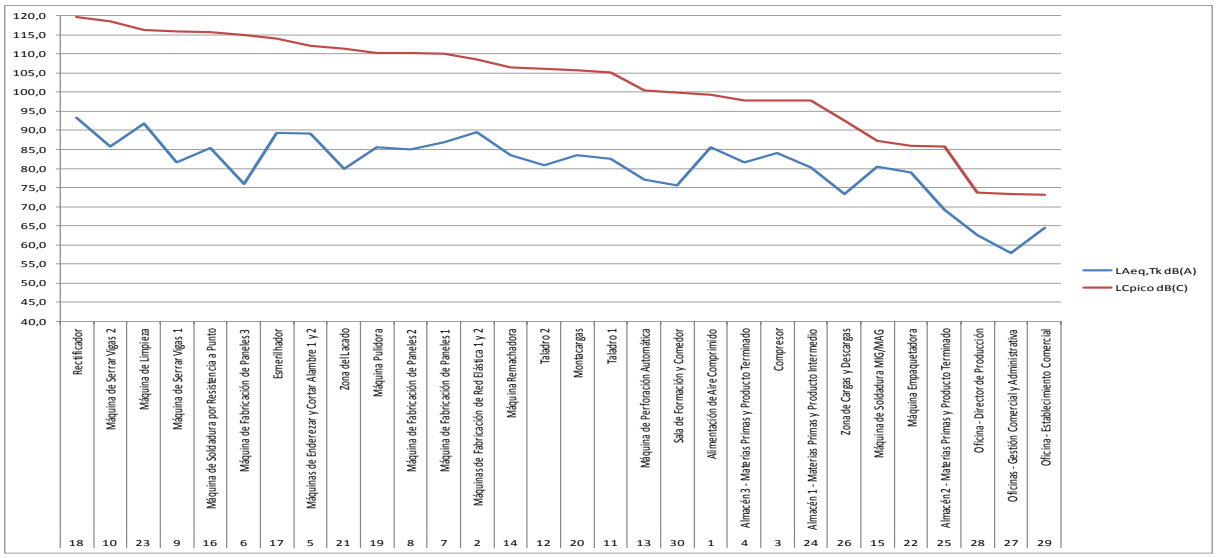


Figura 12 – Gráfico con los niveles de ruido *L*Cpico en dB(C), en los locales de trabajo

(Fuente: Autor)

#	Locales de Trabajo / Máquinas	*L Aeq,Tk* dB(A)	*L Cpico* dB(C)
18	Rectificador	93,3	**119,7**
10	Máquina de Serrar Vigas 2	85,8	**118,5**
23	Máquina de Limpieza	91,7	**116,3**
9	Máquina de Serrar Vigas 1	81,7	**116,0**
16	Máquina de Soldadura por Resistencia a Punto	85,3	**115,7**
6	Máquina de Fabricación de Paneles 3	76,0	**114,9**
17	Esmerilhador	89,3	**114,1**
5	Máquinas de Enderezar y Cortar Alambre 1 y 2	89,1	**112,2**
21	Zona del Lacado	79,9	**111,4**
19	Máquina Pulidora	85,5	**110,3**
8	Máquina de Fabricación de Paneles 2	85,0	**110,3**
7	Máquina de Fabricación de Paneles 1	86,8	**110,1**
2	Máquinas de Fabricación de Red Elástica 1 y 2	89,5	**108,5**
14	Máquina Remachadora	83,4	**106,5**
12	Taladro 2	80,8	**106,2**
20	Montacargas	83,4	**105,8**
11	Taladro 1	82,6	**105,1**
13	Máquina de Perforación Automática	77,1	**100,4**
30	Sala de Formación y Comedor	75,5	**99,8**
1	Alimentación de Aire Comprimido	85,6	**99,3**
4	Almacén 3 - Materias Primas y Producto Terminado	81,6	**97,9**
3	Compresor	84,1	**97,8**
24	Almacén 1 - Materias Primas y Producto Intermedio	80,3	**97,8**
26	Zona de Cargas y Descargas	73,4	**92,6**
15	Máquina de Soldadura MIG/MAG	80,4	**87,2**
22	Máquina Empaquetadora	78,9	**85,9**
25	Almacén 2 - Materias Primas y Producto Terminado	69,2	**85,7**
28	Oficina - Director de Producción	62,6	**73,7**
27	Oficinas - Gestión Comercial y Administrativa	57,8	**73,4**
29	Oficina - Establecimiento Comercial	64,5	**73,1**

Tabla 2 – Niveles de ruído *L*Cpico en dB(C), por orden decreciente, en los locales de trabajo

(Fuente: Autor)

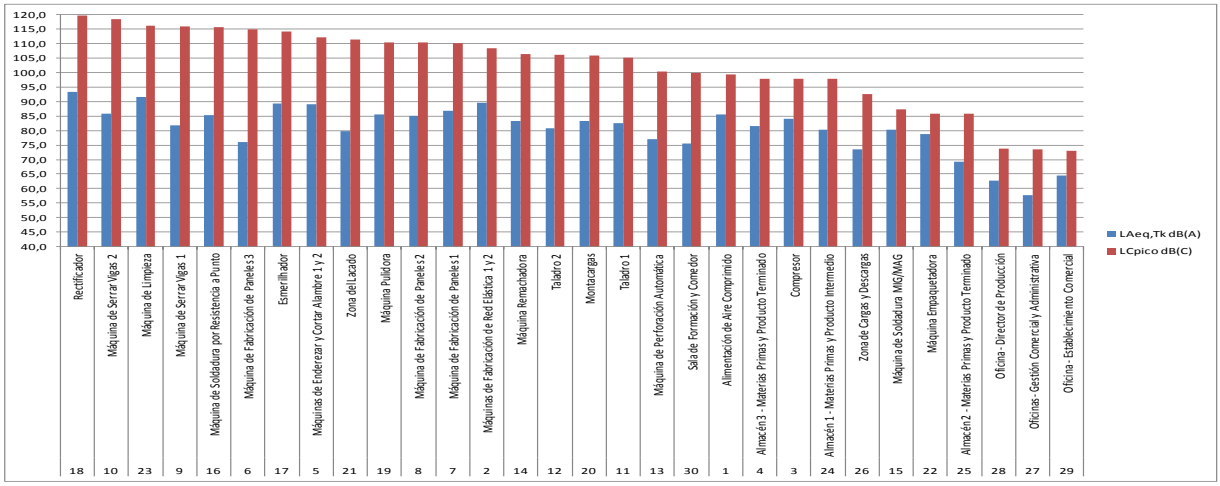


Figura 13 – Gráfico de barras con los niveles de ruido *LCpico* en dB(C), en los locales de trabajo

(Fuente: Autor)

Análisis espectral del ruido:

En la Tabla 3, se presentan los niveles de ruido médio en dB(A), por grupos de locales de trabajo / máquinas y clasificados por bandas de octava en Hz, divididos en relación con los niveles $L_{Aeq,Tk}$, representados así:

- ✓ "rojo" ➔ valores iguales o mayores que 87 dB(A)
- ✓ "naranja" ➔ valores iguales o mayores que 85 dB(A) y menores que 87 dB(A)
- ✓ "amarillo" ➔ valores iguales o mayores que 80 dB(A) y menores que 85 dB(A)
- ✓ "azul" ➔ valores iguales o mayores que 75 dB(A) y menores que 80 dB(A)
- ✓ "verde" ➔ valores menores que 75 dB(A)

			Niveles Medios de Ruido por Grupos de Locales de Trabajo dB(A) **y Bandas de Octava** (Hz)							
#	**Locales de Trabajo / Máquinas**	***L Aeq,Tk*** dB(A)	**63**	**125**	**250**	**500**	**1k**	**2k**	**4k**	**8k**
18	Rectificador	**93,3**	**52,3**	**60,6**	**64,7**	**73,7**	**81,9**	**83,3**	**82,2**	**78,4**
23	Máquina de Limpieza	**91,7**								
2	Máquinas de Fabricación de Red Elástica 1 y 2	**89,5**								
17	Esmerilhador	**89,3**								
5	Máquinas de Enderezar y Cortar Alambre 1 y 2	**89,1**								
7	Máquina de Fabricación de Paneles 1	**86,8**	**62,0**	**66,7**	**72,0**	**76,3**	**79,2**	**77,7**	**76,5**	**74,3**
10	Máquina de Serrar Vigas 2	**85,8**								
1	Alimentación de Aire Comprimido	**85,6**								
19	Máquina Pulidora	**85,5**								
16	Máquina de Soldadura por Resistencia a Punto	**85,3**								
8	Máquina de Fabricación de Paneles 1	**85,0**								
3	Compresor	**84,1**	**52,9**	**57,9**	**65,6**	**73,6**	**76,0**	**74,9**	**74,0**	**69,2**
14	Máquina Remachadora	**83,4**								
20	Montacargas	**83,4**								
11	Taladro 1	**82,6**								
9	Máquina de Serrar Vigas 1	**81,7**								
4	Almacén 3 - Materias Primas y Producto Terminado	**81,6**								
12	Taladro 2	**80,8**								
15	Máquina de Soldadura MIG/MAG	**80,4**								
24	Almacén 1 - Materias Primas y Producto Intermedio	**80,3**								
21	Zona del Lacado	**79,9**	**55,1**	**57,5**	**63,3**	**68,2**	**69,7**	**69,3**	**68,0**	**63,8**
22	Máquina Empaquetadora	**78,9**								
13	Máquina de Perforación Automática	**77,1**								
6	Máquina de Fabricación de Paneles 3	**76,0**								
30	Sala de Formación y Comedor	**75,5**								
26	Zona de Cargas y Descargas	**73,4**	**46,8**	**44,8**	**54,6**	**60,2**	**60,2**	**57,8**	**54,6**	**48,5**
25	Almacén 2 - Materias Primas y Producto Terminado	**69,2**								
29	Oficina - Establecimiento Comercial	**64,5**								
28	Oficina - Director de Producción	**62,6**								
27	Oficinas - Gestión Comercial y Administrativa	**57,8**								

Tabla 3 – Niveles medios de ruido por grupos de locales de trabajo dB(A) y por bandas de octava (Hz)

(Fuente: Autor)

En la Tabla 4 se presentan los niveles de ruido $L_{Aeq,Tk}$ en dB(A) por locales de trabajo / máquinas, clasificados por bandas de octava en Hz, divididos siguiendo los niveles $L_{Aeq,Tk}$, representados según los códigos anteriormente expuestos.

			Nivel de Ruido por Locales de Trabajo dB(A) y Bandas de Octava (Hz)							
#	Locales de Trabajo / Máquinas	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
18	Rectificador	93,3	28,6	39,5	46,7	63,7	85,0	87,5	89,6	85,5
23	Máquina de Limpieza	91,7	55,7	62,3	68,9	78,2	83,5	87,6	86,1	82,8
2	Máquinas de Fabricación de Red Elástica 1 y 2	89,5	65,7	71,7	79,7	85,5	83,6	81,6	76,2	68,5
17	Esmerilhador	89,3	35,7	42,3	48,9	64,2	81,3	83,4	85,1	82,3
5	Máquinas de Enderezar y Cortar Alambre 1 y 2	89,1	75,6	87,1	79,2	77,0	76,1	76,2	74,0	73,1
7	Máquina de Fabricación de Paneles 1	86,8	77,8	74,6	77,0	77,9	78,9	78,8	79,1	76,0
10	Máquina de Serrar Vigas 2	85,8	56,2	61,1	70,6	76,9	79,0	81,0	78,5	75,8
1	Alimentación de Aire Comprimido	85,6	45,5	65,4	70,9	78,1	83,1	75,5	72,6	73,4
19	Máquina Pulidora	85,5	53,4	59,1	61,7	70,9	78,7	79,1	80,2	78,9
16	Máquina de Soldadura por Resistencia a Punto	85,3	22,6	39,7	46,4	57,6	71,8	77,2	79,7	82,4
8	Máquina de Fabricación de Paneles 1	85,0	77,2	73,3	79,6	77,7	76,5	74,3	72,1	67,2
3	Compresor	84,1	44,0	63,9	69,4	76,6	81,6	74,0	71,1	71,9
14	Máquina Remachadora	83,4	66,9	76,0	74,4	74,0	76,9	75,9	73,3	69,9
20	Montacargas	83,4	62,3	67,4	70,3	74,8	79,7	76,5	73,2	71,1
11	Taladro 1	82,6	41,8	51,0	56,0	69,2	76,7	77,2	78	69,4
9	Máquina de Serrar Vigas 1	81,7	46,0	50,0	56,1	75,8	70,0	73,5	77,0	74,2
4	Almacén 3 - Materias Primas y Producto Terminado	81,6	62,4	53,5	71,3	75,8	76,4	74,5	72,0	65,5
12	Taladro 2	80,8	36,5	47,2	54,8	67,8	74,6	75,7	76,2	68,3
15	Máquina de Soldadura MIG/MAG	80,4	54,3	57,3	67,6	73,3	73,4	74,1	74,3	68,6
24	Almacén 1 - Materias Primas y Producto Intermedio	80,3	61,6	54,6	70,3	74,7	75,1	72,9	70,6	63,9
21	Zona del Lacado	79,9	53,6	60,8	68,5	71,7	72,4	71,6	73,6	73,0
22	Máquina Empaquetadora	78,9	58,1	50,3	70,8	74,5	73,8	69,1	65,2	56,4
13	Máquina de Perforación Automática	77,1	44,9	49,0	53,4	66,0	71,6	72,9	70,3	62,9
6	Máquina de Fabricación de Paneles 3	76,0	57,0	54,0	58,2	65,6	68,4	70,3	70,6	67,3
30	Sala de Formación y Comedor	75,5	62,0	73,5	65,6	63,4	62,5	62,6	60,4	59,5
26	Zona de Cargas y Descargas	73,4	55,7	47,2	63,4	67,8	68,2	66,0	63,7	57,0
25	Almacén 2 - Materias Primas y Producto Terminado	69,2	51,5	43,5	59,2	63,6	64,0	61,8	59,5	52,8
29	Oficina - Establecimiento Comercial	64,5	45,0	47,0	50,0	58,1	60,4	58,0	51,7	50,0
28	Oficina - Director de Producción	62,6	42,0	44,2	52,7	59,4	55,8	53,1	50,2	41,4
27	Oficinas - Gestión Comercial y Administrativa	57,8	40,0	42,0	47,7	52,1	52,5	50,3	48,0	41,3

Tabla 4 – Niveles de ruido por locales de trabajo dB(A) y por bandas de octava (Hz)

(Fuente: Autor)

Teniendo en cuenta el resultado de la Tabla 4, se verifica que la máquina más perjudicial en el desarrollo de la sordera es el Rectificador que se encuentra en el local de trabajo n.º 18 contribuyendo con elevado nivel de emisión sonora, en especial, en la banda de octava de 4 kHz con 89,6 dB(A), siguiéndole la Máquina de Limpieza en el local de trabajo n.º 23 contribuyendo con elevado nivel de emisión sonora, en especial en la banda de octava de 2 kHz con 87,6 dB(A).

Fue idéntico proceso analítico en la búsqueda de los factores de riesgo que nos conducen a las medidas de corrección y prevención, se extiende al resto de los locales de trabajo y máquinas asociadas, resaltando además el caso particular de las Maquinas de Enderezar y Cortar Alambre 1 y 2, localizadas en el local de trabajo n.º 5, presentando un nivel muy elevado de emisión sonora en la banda de octava de 125 Hz con 87,1 dB(A), que resulta del tipo de operaciones que realiza muy centrada en las componentes de baja frecuencia que, siendo menos perjudiciales en el desarrollo de la sordez, entran en el área de la vibro-acústica, pudiendo de forma continuada potenciar el desarrollo de enfermedades en el ámbito psíquico-fisiológico.

Evaluación de la exposición personal diaria al ruido:

Se presentan a continuación, Cuadro 1, Cuadro 2, Cuadro 3 y Cuadro 4, teniendo en cuenta y en sintonía directa con el Anexo III del Decreto-Ley n.º 182/2006, de 6 de septiembre, los resultados de las evaluaciones individuales de exposición personal diaria al ruido de uno de los trabajadores durante el trabajo, obtenidos a partir de la Tabla 5 - Base de datos de los trabajadores, exposición personal diaria al ruido y protección auditiva, constituida por el registro de análisis de los valores recogidos y apurados, garantiéndose la confidencialidad recorriendo a nombres y apellidos ficticios, por razones de privacidad personal individual.

Cuadro 1 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 1/3)

Cuadro Individual de Evaluación de la Exposición Personal Diaria de cada Trabajador al Ruido en el Trabajo

PAIS MATIAS, LDA. **Industria y Comercio de los Sistemas de Cercas de Metal** **Santarém**	**N. de Páginas:** 1 de 3 **N. de Procedimiento:** 14

Nombre del Trabajador: Norberto Tenreiro

Fecha de Nacimiento: 15-May-1976 **Sexo:** M

Ocupación: Cerrajero de Construcciones y Estructuras Metálicas

Fecha de Admisión en la Empresa, Establecimiento o Servicio: 16-Set-2002

Tiempo de Servicio en Entornos Ruidosos: 13 **Anos (estimativa)**

Sistema de la Seguridad Social: Centro Regional de la Seguridad Social: Santarém

Beneficiario nr: 00 000 000 014

$L_{EX,8h}$ = 85,0 dB(A)	$L_{EX,8h,efect}$ = 60,2 dB(A)
$L_{\overline{EX},8h}$ = dB(A)	L_{Cpico} = 119,7 dB(C)

Firma del Trabajador:

_____ **Fecha:** / /

Firma del Empleador:

_____ **Fecha:** / /

Fecha de Valoración: 31-Out-2015

Sistema de Medición utilizada para Calificar: Analizador Bruel & Kjaer Mod. 2260, Calibrador Acústico Bruel & Kjaer Mod. 4231

Método de Ensayo: Evaluación de exposición de los trabajadores al ruido, de acuerdo con el DL 182/2006, de 6 de septiembre

Nombre del Autor: Rui Augusto Sardinha **Firma:**

(Fuente: Autor)

Los espacios completados el Cuadro 1, con los datos asociados al proceso de cada trabajador, es efectuado automáticamente a partir de la Tabla 5, exceptuando los valores $L_{Ex,8h}$ e L_{Cpico} que son alimentados por el Cuadro 2, y el $L_{Ex,8h,efect}$ que resulta del Cuadro 4 donde se presentan los resultados finales del Cuadro 3.

Cuadro 2 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 2/3)

Cuadro Individual de Evaluación de la Exposición Personal Diaria de cada Trabajador al Ruido en el Trabajo				
PAIS MATIAS, LDA. **Industria y Comercio de los Sistemas de Cercas de Metal** **SANTARÉM**			**N. de Páginas:** **2 de 3** **N. de Procedimiento:** **14**	
Descripción de las Actividades de los Trabajadores en la Empresa, Establecimiento o Servicio.	***Te*** Tiempo de muestreo (minutos) en la medición del ruido.	***Tk*** Tiempo de exposición (horas/día) al ruido.	***L Aeq,Tk*** **dB(A)**	***L Cpico*** **dB(C)**
Nome da Zona de Trabalho: Estaciones de trabajo ocupados por el trabajador en la zona (designación de las Máquinas, etc.)	**Nota:** En las mediciones con la máxima precisión, será: ***Ta = Tk = Te***	**Nota:** Cuando sea necesario medir por separado, "K" diferentes ruidos, será: ***Te = ∑ Tk***	**Nota:** Nestas condições, calcular por las fórmulas de n.º 6, Anexo I, el valor: ***L EX, 8h***	
a) Soldadura MIG/MAG		5,5	80,4	87,2
b) Soldar Resistencia a Punto		0,5	85,3	115,7
c) Serrar Vigas 2		0,5	85,8	118,5
d) Perforación en el Taladro 2		0,5	80,8	103,2
e) Molienda		0,5	89,3	114,1
f) Rectificación		0,5	93,3	119,7
g)				
h)				
i)				
Valores Finales:		***Te*** Total de horas de Trabajo **8,0 h/dia**	***L EX,8h*** Exposición Personal Diaria **85,0 dB(A)**	***L Cpico*** **119,7 dB(C)**
Nota: Los valores finales, en particular los de Exposición Personal Diaria al Ruido en el trabajo, ***L EX, 8h*** y el valor máximo del nivel de pico sonoro, se registrarán en esta página, siempre que el trabajador permanezca diariamente, en el trabajo, en la zona.				

(Fuente: Autor)

Los espacios completados en el Cuadro 2 con los datos asociados al proceso de cada trabajador son efectuados automáticamente a partir de la Tabla 5, referentemente a la identificación de los diferentes puestos de trabajo y los respectivos valores Tk, $L_{Aeq,Tk}$ y L_{Cpico}, datos utilizados para el apuramiento de los valores Te, $L_{AEx,8h}$ y L_{Cpico}.

Cuadro 3 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 3/3)

Cuadro Individual de Evaluación de la Exposición Personal Diaria de cada Trabajador al Ruido en el Trabajo		
PAIS MATIAS, LDA. **Industria y Comercio de los Sistemas de Cercas de Metal** **SANTARÉM**	**N. de Páginas:**	**3 de 3**
	N. de Procedimiento:	**14**

Cálculo de la exposición diaria efectiva a la que está expuesto cada trabajador cuando se utilice adecuadamente los auriculares, conocida la atenuación en dB octava

Ruído "K": Tiempo de exposición (horas) del trabajador al ruido =	5,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nombre de la Zona de Trabajo:	**Soldadura MIG/MAG**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		54,3	57,3	67,6	73,3	73,4	74,1	74,3	68,6
Atenuación média del protector auditivo indicadas por el fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desviaciones estándar de las atenuacónes del protector, indicadas por el fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Niveles globales por banda de octava):**		48,4	52,5	52,9	53,0	50,4	46,7	42,9	37,0

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum\nolimits_{n} 10^{0,1.Ln}$$

***L Aeq,Tk,efect* = 59,2 db (A)**

Cálculo de la exposición diaria efectiva a la que está expuesto cada trabajador cuando se utilice adecuadamente los auriculares, conocida la atenuación en dB octava

Ruído "K": Tiempo de exposición (horas) del trabajador al ruido =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nombre de la Zona de Trabajo:	**Soldar por Resistencia a Punto**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		22,6	39,7	46,4	57,6	71,8	77,2	79,7	82,4
Atenuación média del protector auditivo indicadas por el fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desviaciones estándar de las atenuacónes del protector, indicadas por el fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Niveles globales por banda de octava):**		16,7	34,9	31,7	37,3	48,8	49,8	48,3	50,8

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum\nolimits_{n} 10^{0,1.Ln}$$

***L Aeq,Tk,efect* = 55,7 db (A)**

Cálculo de la exposición diaria efectiva a la que está expuesto cada trabajador cuando se utilice adecuadamente los auriculares, conocida la atenuación en dB octava

Ruído "K": Tiempo de exposición (horas) del trabajador al ruido =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nombre de la Zona de Trabajo:	**Serrar Vigas 2**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		56,2	61,1	70,6	76,9	79,0	81,0	78,5	75,8
Atenuación média del protector auditivo indicadas por el fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desviaciones estándar de las atenuacónes del protector, indicadas por el fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Niveles globales por banda de octava):**		50,3	56,3	55,9	56,6	56,0	53,6	47,1	44,2

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum\nolimits_{n} 10^{0,1.Ln}$$

***L Aeq,Tk,efect* = 63,2 db (A)**

(Fuente: Autor)

Los espacios completados en el Cuadro 3 con los datos asociados al proceso de cada trabajador son efectuados automáticamente a partir de la Tabla 5, continuando de igual forma en el Cuadro 4, una vez que, en este caso concreto, el trabajador ocupa por partes varios puestos de trabajo a lo largo de su jornada laboral diaria.

Cuadro 4 – Evaluación de la exposición personal diaria al ruido (Cuadro 3/3 - continuación)

Cálculo de la exposición diaria efectiva a la que está expuesto cada trabajador cuando se utilice adecuadamente los auriculares, conocida la atenuación en dB octava									
Ruído "K": Tiempo de exposición (horas) del trabajador al ruido =	0,5	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Nombre de la Zona de Trabajo:	Perforación en el Taladro 2								
$L_{Aeq,f,Tk}$ (Espetro ponderado A):		36,5	47,2	54,8	67,8	74,6	75,7	76,2	68,3
Atenuación média del protector auditivo indicadas por el fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desviaciones estándar de las atenuacónes del protector, indicadas por el fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
L_n (Niveles globales por banda de octava):		30,6	42,4	40,1	47,5	51,6	48,3	44,8	36,7
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		$L_{Aeq,Tk,efect}$ =	55,2	db (A)					

Cálculo de la exposición diaria efectiva a la que está expuesto cada trabajador cuando se utilice adecuadamente los auriculares, conocida la atenuación en dB octava									
Ruído "K": Tiempo de exposición (horas) del trabajador al ruido =	0,5	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Nombre de la Zona de Trabajo:	Molienda								
$L_{Aeq,f,Tk}$ (Espetro ponderado A):		35,7	42,3	48,9	64,2	81,3	83,4	85,1	82,3
Atenuación média del protector auditivo indicadas por el fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desviaciones estándar de las atenuacónes del protector, indicadas por el fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
L_n (Niveles globales por banda de octava):		29,8	37,5	34,2	43,9	58,3	56,0	53,7	50,7
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		$L_{Aeq,Tk,efect}$ =	61,6	db (A)					

Cálculo de la exposición diaria efectiva a la que está expuesto cada trabajador cuando se utilice adecuadamente los auriculares, conocida la atenuación en dB octava									
Ruído "K": Tiempo de exposición (horas) del trabajador al ruido =	0,5	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Nombre de la Zona de Trabajo:	Rectificación								
$L_{Aeq,f,Tk}$ (Espetro ponderado A):		28,6	39,5	46,7	63,7	85,0	87,5	89,6	85,5
Atenuación média del protector auditivo indicadas por el fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desviaciones estándar de las atenuacónes del protector, indicadas por el fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
L_n (Niveles globales por banda de octava):		22,7	34,7	32,0	43,4	62,0	60,1	58,2	53,9
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		$L_{Aeq,Tk,efect}$ =	65,5	db (A)					

Los protectores auditivos considerados para el análisis de frecuencia fueron:	MARCA:	3M	MODELO:	1440
$L_{EX,8h,efect} = 10.\log_{10}\left[(1/8)\sum_{k=1}^{k=n} T_K.10^{0,1.LAeq,Tk,efect}\right]$	$L_{EX,8h,efect}$ =	60,2 db (A)		
(Nivel sonoro continuo equivalente a que está expuesto el trabajador equipado con protectores auditivos, como se indica en el Apartado c) del número 2 del Anexo V)				

(Fuente: Autor)

A continuación del Cuadro 3Cuadro 3, los espacios en el Cuadro 4 provienen de los datos asociados al proceso de cada trabajador de forma automática a partir de la Tabla 5, referentes también a los datos correspondientes a la elección de la “Marca” y del “Modelo” de los Protectores Auriculares, realizada sobre la Tabla 5, en función de las mejores garantías que atenúan producidas por su respuesta en bandas de octava.

Es la Tabla 5 la que es completada con los datos de cada trabajador en lo que se refiere a su proceso de evaluación de exposición personal diaria al ruido, correspondientes al: "Número #", "Nombre", "Apellido", "Sexo", "Fecha de Nacimiento", "Edad", "Fecha de Admisión", "Años de Servicio", "Profesión/Categoría", "Actividad", "Nave o Puesto de Trabajo", "Horario", "Tiempo Ocupacional" y "Protector Auditivo Recomendado", siendo los valores L_w, $L_{Aeq,Tk}$, L_{Cpico} e $L_{Ex,Tk,efect}$ alimentados automáticamente a partir de la información como la que consta en la Tabla 7, y los valores de $L_{Ex,8h}$ y $L_{Ex,8h,\ efect}$ apurados en la propia Tabla 5.

#	NOMBRE	APELLIDO	SEXO	NACIMIENTO	EDAD	ADMISIÓN	AÑOS	PROFESIÓN/CATEGORÍA	ACTIVIDAD	NAVE	HORARIO	Lw dB(A)	LAeq,Tk dB(A)	LCpico dB(C)	TIEMPO (horas)	LEx, 8h dB(A)	LAeq,Tk, efect dB(A)	LEX,8h, efect dB(A)	PROTECTOR AUDITIVO RECOMENDADO	
1	Gualter	Duarte	M	02-11-1965	50	01-07-1988	27	Jefe de Sección	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
2	Gustavo	Bento	M	16-04-1970	45	01-08-1993	22	Conductor	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
3	Luís	Teodoro	M	16-12-1963	51	01-01-1994	21	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación Paneles 1	2	14:00-22:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
4	Ilídio	Norton	M	12-01-1973	42	01-04-1996	19	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación Red Elástica	1	09:00-18:00	97,5	89,5	108,5	6,0	88,9	71,4	71,1	3M	1440
									Compresor			92,1	84,1	97,8	0,5		63,7			
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	0,5		68,1			
									Oficina Estabelecimiento			64,5	64,5	73,1	1,0		73,1			
5	Gonçalo	Casanova	M	13-03-1976	39	01-03-1998	17	Socio Gerente	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
6	Beatriz	Dionísio	F	23-04-1972	43	01-02-2000	15	Asistente Administrativa	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
7	Sérgio	Bonifácio	M	30-07-1979	36	01-03-2002	13	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación de Paneles 1	2	06:00-14:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
8	Serafim	Botelho	M	17-12-1977	37	02-03-2002	13	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación de Paneles 2	2	06:00-14:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
9	Pedro	Casanova	M	19-08-1974	41	01-08-2001	14	Socio Gerente	Director de Producción	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	6,0	80,2	62,6	68,1	EAR	Ultra Fit
									Enderezar y Cortar Alambre	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
									Fabricación de Paneles 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
									Fabricación de Paneles 1	2		94,8	86,8	110,1	0,5		72,2			
									Fabricación de Paneles 2			93,0	85,0	110,3	0,5		72,4			
10	Samuel	Gomes	M	04-11-1977	38	01-10-2003	12	Operador de Invernaderos	Lacado	2	06:00-14:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
11	Carlos	Dantas	M	21-09-1978	37	01-10-2001	14	Operador de Máquinas Calificado	Enderezar y Cortar Alambre	3	14:00-22:00	97,1	89,1	112,2	4,0	86,5	76,8	73,9	EAR	Ultra Fit
									Fabricación de Paneles 3			84,0	76,0	114,9	3,0		58,4			
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
12	Tânia	Dias	F	19-08-1980	35	01-05-2002	13	Asistente Administrativa	Oficinas Centrales		09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
13	Ulisses	Barros	M	27-12-1984	30	01-10-2004	11	Cerrajero de Construcciones y Estructuras Metálicas	Soldadura MIG/MAG	4	09:00-18:00	88,4	80,4	87,2	5,5	85,0	59,2	60,2	3M	1440
									Soldar Resistencia a Punto			93,3	85,3	115,7	0,5		55,7			
									Serrar Vigas 2			93,8	85,8	118,5	0,5		63,2			
									Perforación en el Taladro 2			88,8	80,8	103,2	0,5		55,2			
									Molienda			97,3	89,3	114,1	0,5		61,6			
									Rectificación			101,3	93,3	119,7	0,5		65,5			
14	Norberto	Tenreiro	M	15-May-1976	######	16-09-2002	13	Cerrajero de Construcciones y Estructuras Metálicas	Soldadura MIG/MAG	4	09:00-18:00	88,4	80,4	87,2	5,5	85,0	59,2	60,2	3M	1440
									Soldar Resistencia a Punto			93,3	85,3	115,7	0,5		55,7			
									Serrar Vigas 2			93,8	85,8	118,5	0,5		63,2			
									Perforación en el Taladro 2			88,8	80,8	103,2	0,5		55,2			
									Molienda			97,3	89,3	114,1	0,5		61,6			
									Rectificación			101,3	93,3	119,7	0,5		65,5			
15	Guilherme	Borba	M	26-05-1977	38	23-09-2002	13	Jefe Adjunto de Sección	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
16	Isaías	Tolda	M	13-09-1966	49	10-10-2002	13	Coordinador de Producción	Director de Producción	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	2,0	84,2	62,6	71,0	EAR	Ultra Fit
									Fabricación de Paneles 1			94,8	86,8	110,1	2,0		72,2			
									Fabricación de Paneles 2			93,0	85,0	110,3	2,0		72,4			
									Enderezar y Cortar Alambre	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
									Fabricación de Paneles 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
									Perforación y Remachado			85,1	77,1	106,5	0,5		69,5			
									Lacado	2		87,9	79,9	111,4	0,5		63,8			
17	Orlando	Tancredo	M	21-10-1973	42	02-12-2002	12	Operador de Máquinas	Lacado	2	06:00-14:00	111,4	79,9	111,4	4,0	80,2	63,8	65,2	EAR	Ultra Fit
									Empaquetamiento			86,9	78,9	85,9	3,0		65,4			
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
18	Sandra	Barreiro	F	16-02-1948	67	12-05-2003	12	Trabajadora de Limpieza	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	4,0	77,5	57,8	63,1	EAR	Ultra Fit
									Empaquetamiento	2		86,9	78,9	85,9	1,5		65,4			
									Director de Producción			62,6	62,6	73,7	1,0		62,6			
									Serrar Vigas 1	3		89,7	81,7	116,0	1,0		64,6			
									Serrar Vigas 2	4		93,8	85,8	118,5	0,5		69,0			
19	Xavier	Tomás	M	07-12-1960	54	01-08-2003	12	Auxiliar de Servicios	Serrar Vigas 1	3	09:00-18:00	89,7	81,7	116,0	3,5	82,3	64,6	67,3	EAR	Ultra Fit
									Perforación y Remachado			91,4	83,4	106,5	3,5		69,5			
									Perforación en el Taladro 1			90,6	82,6	105,1	0,5		64,6			
									Director de Producción	2		62,6	62,6	73,7	0,5		62,6			
20	Leopoldo	Ulmeiro	M	05-06-1963	52	02-02-2004	11	Asistente Logística Internacional	Empaquetamiento	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
21	Daniel	Nascimento	M	23-08-1963	52	08-03-2004	11	Contador Certificado	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
22	Ricardo	Coimbra	M	04-07-1958	57	06-10-2009	6	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
23	Bártolo	Guerreiro	M	02-06-1969	46	01-08-2002	13	Jefe de Sección	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
24	Francisca	Tondela	F	29-01-1972	43	01-09-2002	13	Jefa Adjunta de Sección	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
25	Ernesto	Quartilho	M	24-10-1984	31	17-05-2004	11	Operador de Maquinas	Fabricación de Paneles 2	2	14:00-22:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
26	Bruno	Bretes	M	10-04-1972	43	24-05-2004	11	Asistente Logística Internacional	Empaquetamiento	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
27	Gaspar	Lemos	M	01-07-1973	42	16-08-2010	5	Jefe Adjunto de Sección	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
28	Urbano	Neto	M	26-04-1984	31	14-06-2004	11	Operador de Máquinas	Enderezar y Cortar Alambre	3	06:00-14:00	97,1	89,1	112,2	4,0	86,5	76,8	73,9	EAR	Ultra Fit
									Fabricación de Paneles 3			84,0	76,0	114,9	3,0		58,4			
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
29	Tiago	Casanova	M	21-12-1981	33	02-12-2004	10	Asistente de Producción	Director de Producción	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	4,0	82,4	62,6	60,2	EAR	Ultra Fit
									Fabricación de Paneles 1			94,8	86,8	110,1	1,0		72,2			
									Fabricación de Paneles 2			93,0	85,0	110,3	1,0		72,4			
									Enderezar y Cortar Alambre	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
									Fabricación de Paneles3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
									Perforación y Remachado			91,4	83,4	106,5	0,5		69,5			
									Lacado	2		87,9	79,9	111,4	0,5		63,8			
30	Nelson	Norte	M	18-07-1984	31	02-01-2006	9	Operador de Invernaderos	Lacado	2	14:00-22:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
31	Júlio	Gonçalves	M	15-11-1988	26	05-04-2006	9	Operador de Invernaderos	Empaquetamiento	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
									Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
32	Xando	Martins	M	10-12-1987	27	15-05-2006	9	Operador de Invernaderos	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
33	Quitério	Dinis	M	05-04-1975	40	05-12-2006	8	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
34	Fernanda	Bentes	F	10-04-1959	56	09-01-2007	8	Auxiliar de Servicios	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
35	Quintino	Tamariz	M	15-10-1972	43	21-01-2008	7	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
36	Leonardo	Xisto	M	27-08-1979	36	23-01-2008	7	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
37	Osvaldo	Tavares	M	17-02-1983	32	15-06-2009	6	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
38	Umbelino	Dargent	M	06-07-1988	27	03-08-2009	6	Auxiliar de Servicios	Fabricación de Paneles 3	3	09:00-18:00	84,0	76,0	114,9	8,0	76,0	58,4	58,4	EAR	Ultra Fit
39	Simão	Nunes	M	21-02-1979	36	19-08-2009	6	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
40	Octávio	Damas	M	16-11-1984	30	14-03-2011	4	Auxiliar de Servicios	Lacado	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	7,0	81,1	63,8	64,3	EAR	Ultra Fit
									Pulido Mecánico			93,5	85,5	110,3	1,0		66,8			

Tabla 5 - Base de datos de los trabajadores, exposición personal diaria al ruido y protección auditiva

(Fuente: Autor)

La Tabla 6, que forma parte de la Tabla 5, representa los datos correspondientes a los diez primeros trabajadores, pretende, a través de la utilización de colores alusivos, evidenciar las diferentes situaciones de exposición personal diaria al ruido, en especial las más preocupantes identificadas con los colores de fondo para los valores de $L_{Ex,8h}$ "rojo – iguales o mayores que 87 dB(A)", "naranja – iguales o mayores que 85 dB(A) y menores que 87 dB(A)" y "amarillo – iguales o mayores que 80 dB(A) y menores que 85 dB(A).

#	SEXO	EDAD	ADMISIÓN	AÑOS	PROFESIÓN/CATEGORÍA	ACTIVIDAD	NAVE	HORARIO	LW dB(A)	LAeq,Tk dB(A)	LCpico dB(C)	TIEMPO (horas)	LEX, 8h dB(A)	LAeq,Tk, efect dB(A)	LEX,8h, efect dB(A)	PROTECTOR AUDITIVO RECOMENDADO	
1	M	50	01-07-1988	27	Jefe de Sección	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
2	M	45	01-08-1993	22	Conductor	Oficina Estabelecimiento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	No	Aplicable
3	M	51	01-01-1994	21	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación Paneles 1	2	14:00-22:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
						Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
4	M	42	01-04-1996	19	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación Red Elástica	1	09:00-18:00	97,5	89,5	108,5	6,0	88,9	71,4	71,1	3M	1440
						Compresor			92,1	84,1	97,8	0,5		63,7			
						Apilamiento			91,4	83,4	105,8	0,5		68,1			
						Oficina Estabelecimiento			64,5	64,5	73,1	1,0		73,1			
5	M	39	01-03-1998	17	Socio Gerente	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
6	F	43	01-02-2000	15	Asistente Administrativa	Oficinas Centrales	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	No	Aplicable
7	M	36	01-03-2002	13	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación de Paneles 1	2	06:00-14:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
						Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
8	M	37	02-03-2002	13	Operador de Máquinas Calificado	Fabricación de Paneles 2	2	06:00-14:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
						Apilamiento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
9	M	41	01-08-2001	14	Socio Gerente	Director de Producción	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	6,0	80,2	62,6	68,1	EAR	Ultra Fit
						Enderezar y Cortar Alambre	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
						Fabricación de Paneles 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
						Fabricación de Paneles 1	2		94,8	86,8	110,1	0,5		72,2			
						Fabricación de Paneles 2			93,0	85,0	110,3	0,5		72,4			
10	M	38	01-10-2003	12	Operador de Invernaderos	Lacado	2	06:00-14:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit

Tabla 6 - Exposición personal diaria al ruido y protección auditiva (trabajadores 1 a 8)

(Fuente: Autor)

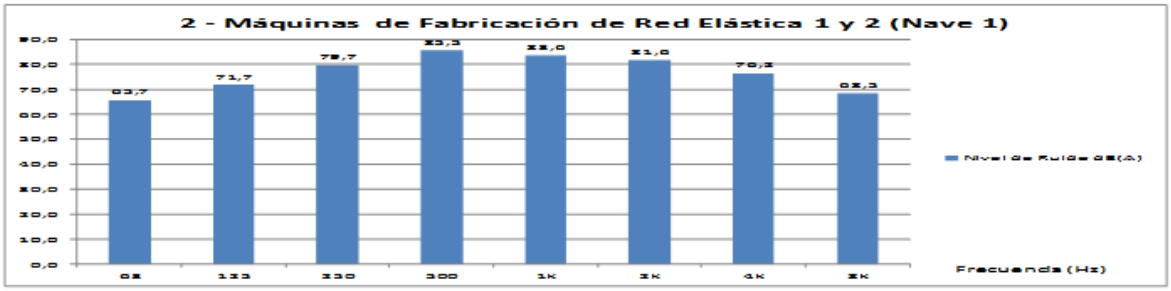
Efectuado un análisis pormenorizado, se puede verificar que, por ejemplo, los datos relativos al trabajador n.º 4 indican un valor de exposición diaria (jornada de 8 horas) $L_{Ex,8h}$ = 88,9 dB(A), señalado a "rojo" y resultante de una contribución de $L_{Aeq,Tk}$ = 89,5 dB(A) obtenido por su exposición al ruido durante un periodo de 6 horas junto a la Máquina de Fabricación de Red Elástica existente en la Nave 1, como Operador de Máquinas Cualificado, solo atenuado por su trabajo de media hora tanto en el área envolvente del Compresor como en las actividades de Apilamiento, y por su presencia media de 1 hora en la Oficina del Establecimiento.

Por observación directa del proceso industrial, podemos identificar zonas de trabajo y categorías de trabajadores (reflejada en los campos "Actividad" y "Profesión/Categoría") de la Tabla 6 con niveles de exposición muy diferentes. Las mediciones efectuadas en los locales de trabajo permiten así estimar el ruido y la exposición ocupacional. La dosis total de ruido que cada trabajador estará expuesto, irá por lo tanto, a variar mucho en función de la permanencia en sus locales de trabajo, del tiempo de permanencia en cada local, del tipo de trabajo que realice, de las máquinas que utilice y de las protecciones individuales que use.

Selección de los protectores auditivos:

Tomando nuevamente como ejemplo el trabajador n.º 4, podemos verificar que los valores $L_{Aeq,Tk}$ = 89,5 dB(A) y $L_{Aeq,Tk,efect}$ = 71,4 dB(A) que constan en la Tabla 6 de donde se procede, en primera instancia, al análisis espectral y a la selección de los protectores auditivos para uso de los trabajadores junto a las Máquinas de Fabricación de Red Elástica 1 y 2, sirven precisamente como base de cálculo para encontrar los protectores auditivos más adecuados en función de su respuesta en frecuencia por cada banda de octava.

Análisis Espectral del Ruido y Selección de Protectores Auditivos



NAVE 1	2 - Máquinas de Fabricación de Red Elástica 1 y 2							
	Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nivel de Ruido dB(A)	65,7	71,7	79,7	85,5	83,6	81,6	76,2	68,5
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	89,5							
	L_{Cpico} dB(C)	108,5							
	L_W dB(A)	97,5							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	88,9							
EAR ULTRA FIT	Atenuación Media dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desviacion Estandar (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	52,2	59,8	69,7	72,5	68,5	61,4	55,0	40,1
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	75,7							
3M 1440	Atenuación Media dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desviacion Estandar (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	59,8	66,9	65,0	65,2	60,6	54,2	44,8	36,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	71,4							

Tabla 7 – Análisis espectral y selección de protectores auditivos - máquinas de fabricación de red elástica

(Fuente: Autor)

En concreto, se verifica que con el protector auditivo “3M 1440” se consigue atenuar una media global superior a la presentada por “Ear Ultrafit” resultando, a través de los valores $L_{Aeq,Tk,efect}$, en una diferencia de 4,3 dB(A) = 75,7 dB(A) - 71,4 dB(A), lo que nos conduce a elegir el primero para registrarlo en el espacio “Protector Auditivo Recomendado” de la Tabla 6.

Monitorización y análisis del ruido:

El modelo conceptual del sistema propuesto para el análisis del ruido, Figura 14, consiste en una primera componente compuesta de *hardware* responsable por la adquisición configurable de señales sonoras recogidas en los micrófonos estratégicamente colocados en los puestos de trabajo y junto a las máquinas emisoras de ruido, y en una segunda componente compuesta de *software* para registro informático de los correspondientes niveles de presión sonora filtrados o no filtrados con ponderación “A”, en función del tipo de análisis necesario a realizar.

En el caso de que se pretenda tener una visión gráfica con mapas de la influencia del ruido en una nave industrial y la obtención de gráficos e información estadística sobre el impacto causado por la exposición al ruido en cada área de producción, zona o local de trabajo, se procederá a la parametrización del *hardware* de adquisición de datos de forma a garantir que las señales sonoras captadas en los micrófonos están sometidas a un filtro con ponderación “A”, resultado en un registro informático en fichero con valores de presión sonora en dB(A), individualmente codificados con las coordenadas cartesianas de cada micrófono.

En el caso de que se pretenda efectuar un análisis espectral detallado en varios dominios de filtro y tratamiento, dependiendo del tipo de información a estudiar y el correspondiente resultado que se quiera tener sobre la influencia del ruido en cada área de producción, zona o local de trabajo, se procederá a la parametrización del hardware de adquisición de datos de forma a garantir que las señales sonoras captadas en los micrófonos no son sometidas a filtro, resultando en un registro informático en fichero con valores de niveles de presión sonora en dB, individualmente codificados con las coordenadas cartesianas de cada micrófono.

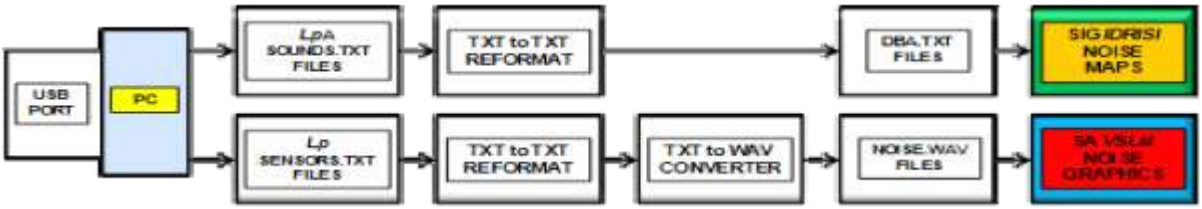


Figura 14 – Diagrama de bloques del sistema de tratamiento de señales sonoras y análisis del ruido

(Fuente: Autor)

En la parte superior se encuentra la producción de Mapas y Gráficos de Ruido con el programa SIG *IDRISI Kilimanjaro*, a partir de niveles de presión sonora con filtro con ponderación "A" registrados por el programa "*EasyLogger Dual DS1M12"*, y en la parte inferior la producción de Gráficos realizada por el programa programa *VSLM (Virtual Sound Level Meter)* para el Análisis Espectral, a partir de niveles de presión sonora sin filtro.

Mapas de ruido – SIG *IDRISI Kilimanjaro*:

En lo que se refiere a la primera componente (parte superior del diagrama de bloques), se ilustran a continuación varios ejemplos: Figura 15, Figura 16, Tabla 8, Figura 17, Figura 18, Figura 19 y Figura 20, que posibilitan la producción de información gráfica para el apoyo a la gestión y control del ruido.

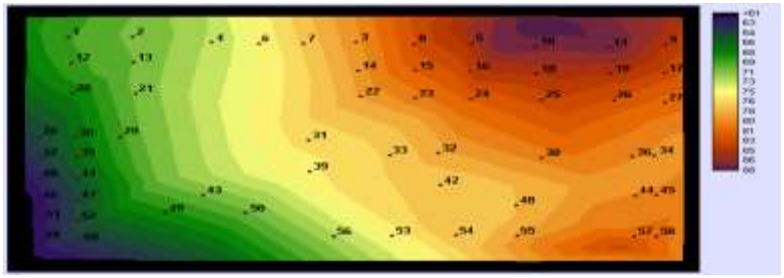


Figura 15 – Ejemplo de localización de los trabajadores en un mapa de ruido

(Fuente: Autor)

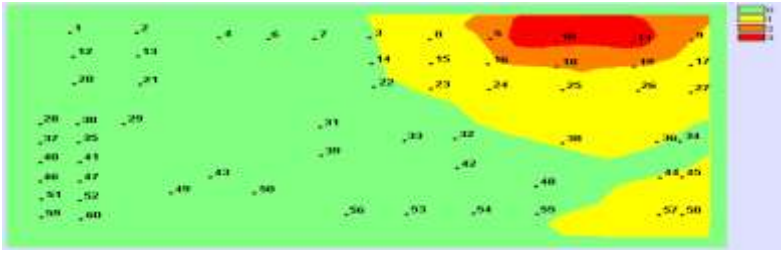


Figura 16 – Ejemplo de distribución de los trabajadores en las zonas de ruido

(Fuente: Autor)

Nivel de Ruido	N. de Trabajadores expuesto
0 - inferior a 80 dB(A)	39
1 - entre 80 y 85 dB(A)	17
2 - entre 85 y 87 dB(A)	2
3 - igual o mayor que 87 dB(A)	2

Tabla 8 – Ejemplo de informe con el número de trabajadores afectados por el ruido

(Fuente: Autor)

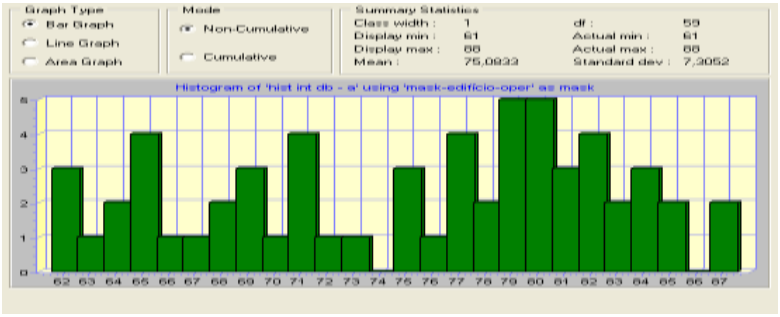


Figura 17 – Ejemplo de gráfico con el número de trabajadores expuestos a niveles de ruido - dB(A)

(Fuente: Autor)

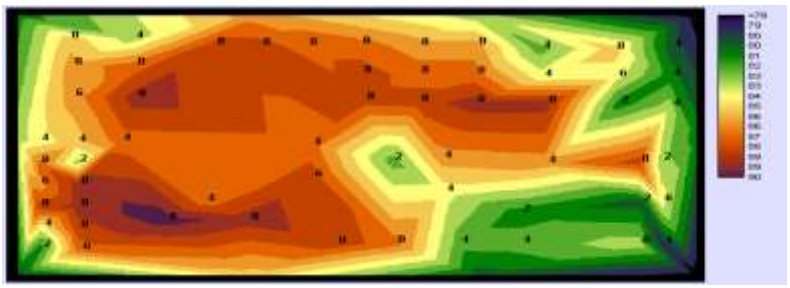


Figura 18 – Ejemplo de mapa con el tiempo (horas) de exposición de los trabajadores al ruido

(Fuente: Autor)

Figura 19 – Ejemplo de exposición personal de cada trabajador al ruido - dB(A)

(Fuente: Autor)

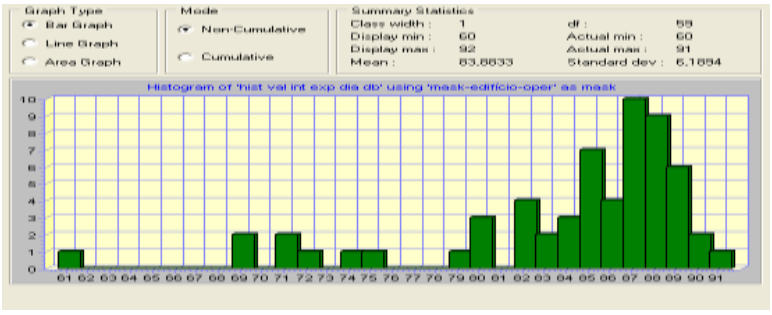


Figura 20 – Ejemplo de histograma de la exposición personal de los trabajadores al ruido - dB(A)

(Fuente: Autor)

Análisis espectral – *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*:

En lo que se refiere a la segunda componente (parte inferior del diagrama de bloques), se ilustran a continuación algunos ejemplos: Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29 y Figura 30, posibles de producir información gráfica para apoyo a la gestión y control del ruido, a partir de una grabación, en formato "WAV", de una emisión sonora producida por un motor monofásico de un equipo de aspiración.

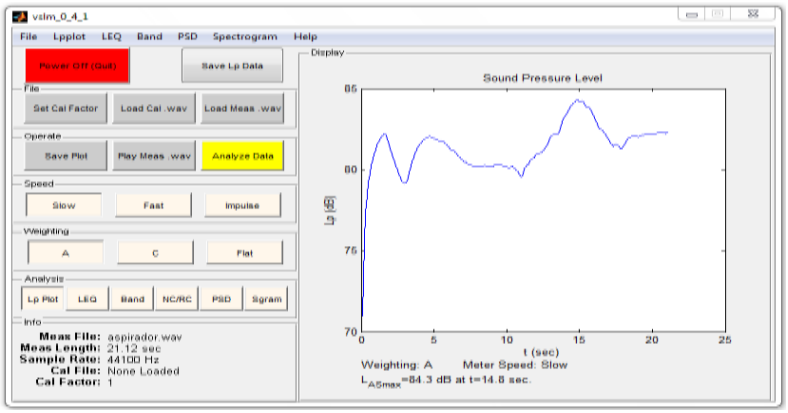


Figura 21 – Análisis *VSLM – Lp Plot* (ponderación "A" y medición *Slow*)

(Fuente: Autor)

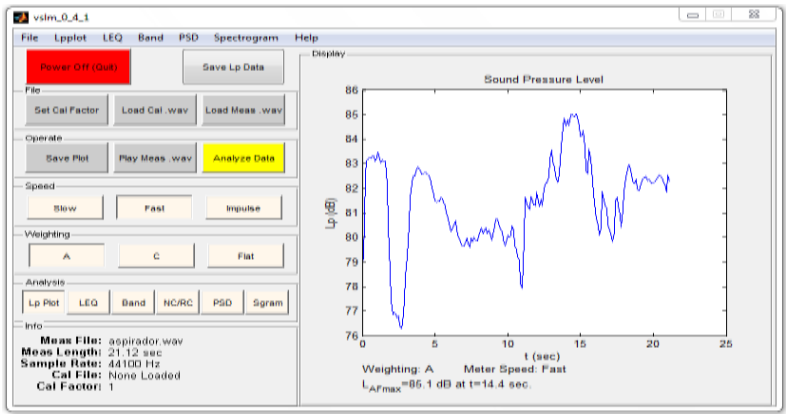


Figura 22 – Análisis *VSLM – Lp Plot* (ponderación "A" y medición *Fast*)

(Fuente: Autor)

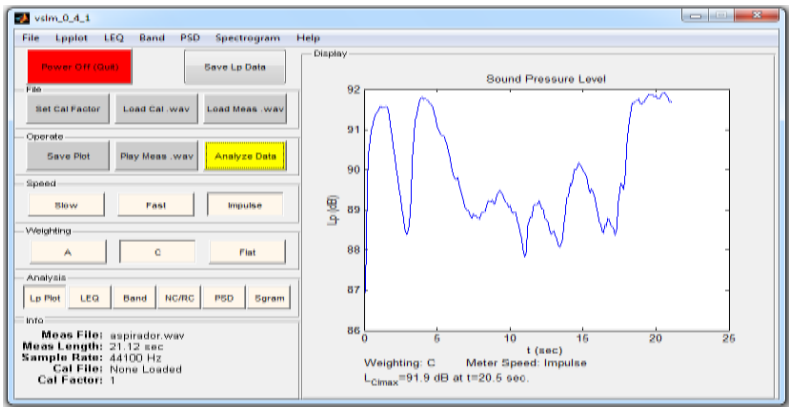


Figura 23 – Análisis *VSLM – Lp Plot* (ponderación "C" y medición *Impulse*)

(Fuente: Autor)

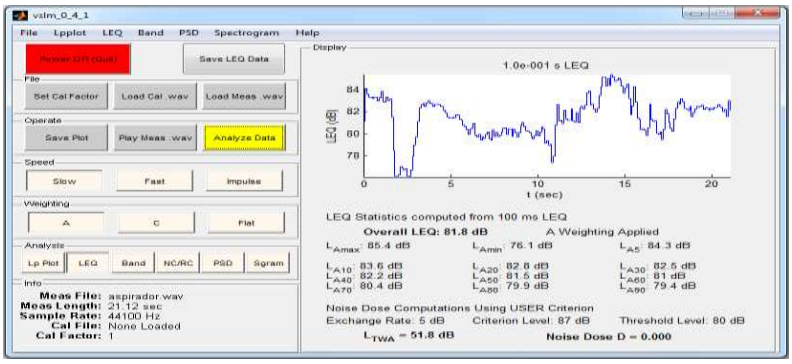


Figura 24 – Análisis *VSLM – Leq* (ponderación "A" y medición *Slow*)

(Fuente: Autor)

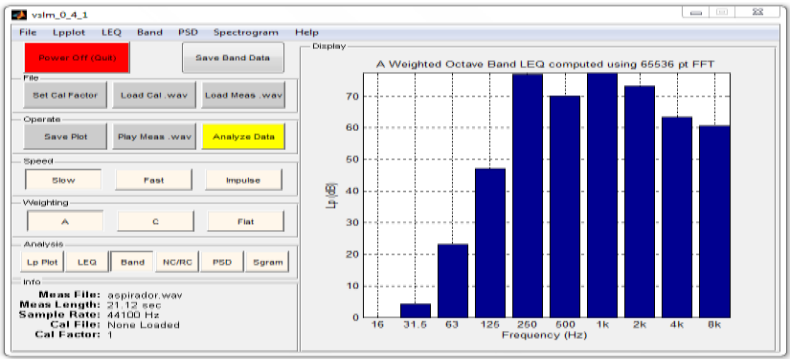


Figura 25 – Análisis *VSLM – Band* (ponderación "A", medición *Slow* y bandas de octava)

(Fuente: Autor)

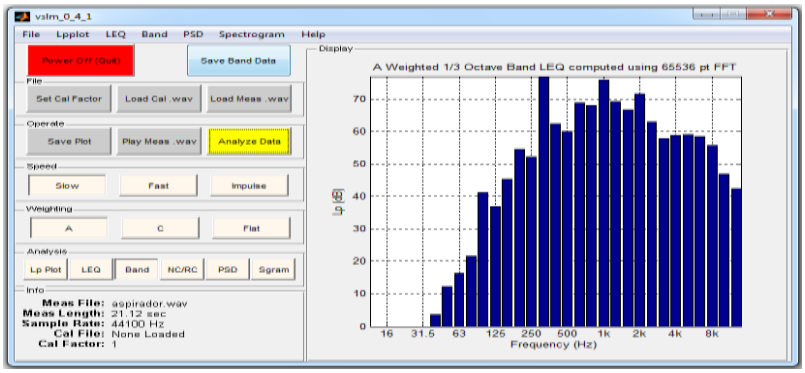


Figura 26 – Análisis *VSLM – Band* (ponderación "A", medición *Slow* y 1/3 de bandas de octava)

(Fuente: Autor)

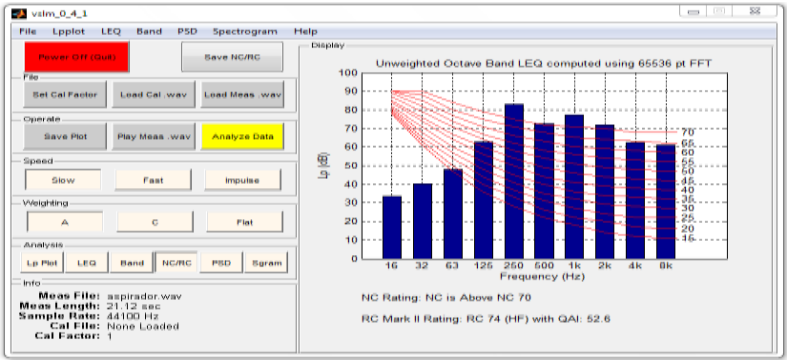


Figura 27 – Análisis *VSLM – NC/RC* (cálculo *FFT* de *Leq* en bandas de octava y ponderación "A")

(Fuente: Autor)

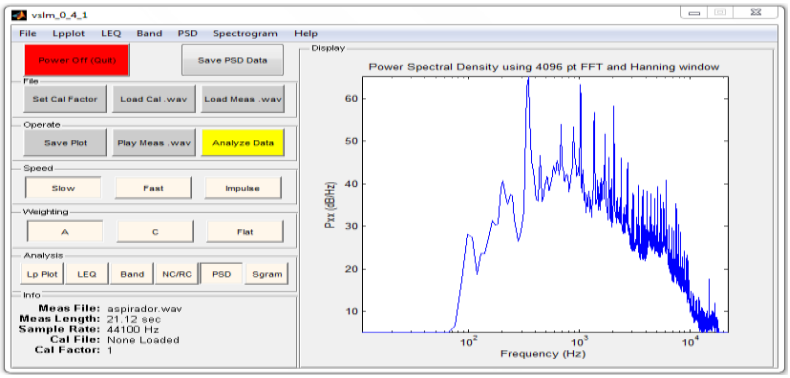


Figura 28 – Análisis *VSLM – PSD* (densidad de potencia espectral utilizando 4096 pt *FFT* con resolución constante y ponderación "A")

(Fuente: Autor)

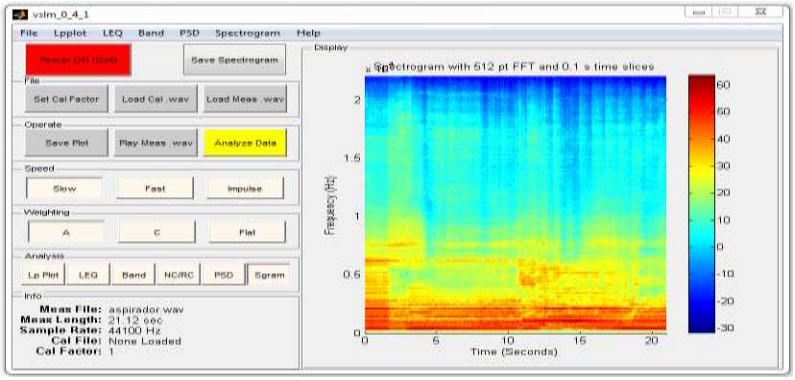


Figura 29 – Análisis *VSLM – Sgram* (espectrograma con 512 pt *FFT*, intervalos de tiempo de 0,1 s y ponderación "A")

(Fuente: Autor)

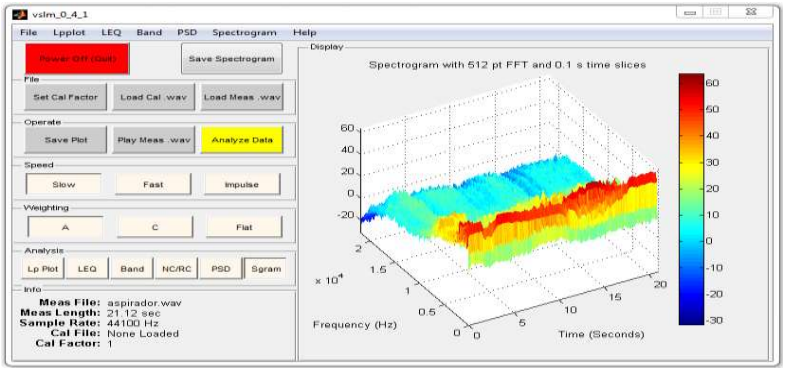


Figura 30 – Análisis *VSLM – Sgram* (espectrograma tridimensional con 512 pt *FFT*, intervalos de tiempo de 0,1 s y ponderación "A")

(Fuente: Autor)

Acciones a poner en práctica:

Utilizando como base de referencia las definiciones y los tópicos de orientación sobre medidas de control, prevención y protección, y naturalmente el resultado del análisis que aquí se describe de las medidas efectuadas, se identifican a continuación las acciones más importantes que se deben poner en práctica en esta unidad fabril en lo que se refiere al control, prevención y protección de los trabajadores en su exposición al ruido:

- ✓ **Medidas Organizativas o Administrativas**:
  - Adoptar una política de recursos humanos en la que, a nivel de selección de personal trabajador, el factor en materia de seguridad e higiene y salud en el trabajo, sea considerado;
  - Dar prioridad, siempre que sea posible, a la realización de los trabajos más ruidosos en horas en la que hay un menor número de trabajadores expuestos al ruido;
  - Dar a los trabajadores competencias técnico-profesionales polivalentes que les permita desempeñar todas las tareas inherentes al ciclo de producción;
  - En consecuencia, reformular/optimizar el plan de producción, poniendo en práctica un procedimiento donde los trabajadores roten por sus diferentes puestos de trabajo, considerando la exposición al ruido asociada a los niveles de presión sonora emitidos por las máquinas.
- ✓ **Medidas Constructivas o de Ingeniería**:
  - Reflexionar en la posibilidad de hacer una inversión en el parque de máquinas, a través de la sustitución por máquinas y herramientas menos ruidosas y con menor potencial de vibraciones, en los casos identificados como más problemáticos;
  - Considerar, en este caso, los beneficios de este cambio y de su impacto positivo en la salud de los trabajadores, en su grado de absentismo, las ganancias de eficiencia y productividad y en la calidad de los productos fabricados;
  - En especial para el equipo nuevo o más reciente, garantizar que se cumplan los planos de manutención de cada máquina y/o herramienta, establecidos por los fabricantes;
  - Privilegiar y controlar una práctica rigurosa de mantenimiento y prevención maquinaria sobre el parque menos reciente de las máquinas y herramientas, buscando siempre una aproximación a lo mejor e a lo más económico, de cara a las exigencias de producción y a los efectos indeseables de mantenimiento correctivo de máquinas de forma imprevista;
  - Todavía en el ámbito de una actuación sobre las fuentes productoras de ruido, utilizar dispositivos de control de ruido y de las fuerzas vibratorias y poner en práctica, en el caso de que sea posible, algunas medidas asociadas a resultados inmediatos, por ejemplo, a través de sustitución de máquinas, herramientas, accesorios y procedimientos más eficaces y eficientes;
  - Cuando no es posible de controlar el ruido en la fuente, aplicar medidas que controlen el ruido en su trayectoria de propagación, a través del aislamiento, anti-vibrátil, encapsulamiento, paneles anti-ruido, tratamiento acústico de superficies y cabinas;
  - Aplicar técnicas de ingeniería sobre los locales de trabajo, en el diseño de las instalaciones y en el proceso de producción, con el objetivo de eliminar emisiones de ruido y, donde no sea posible, reducir al máximo las dichas emisiones.

- ✓ **Medidas de Protección Individual**:
  - Promover y garantizar el uso, por parte de los trabajadores, de los protectores auditivos identificados como los que protegen más en lo que se refiere a la atenuación global a la exposición al ruido, a lo largo de toda la jornada de trabajo;
  - Teniendo en cuenta la información recogida sobre las bandas de octava más perjudiciales en cada local de trabajo, identificar alternativas de protectores auditivos más eficientes, teniendo siempre presente el imperativo de no comprometer la audibilidad de señales sonoras de alarma;
  - Dar importancia a la comodidad de los trabajadores con este tipo de protección individual, ya que dependiendo de características como peso, presión, textura, disipación de calor, absorción de la transpiración, dificultad en la realización de tareas, dificultad de colocación, disminución de la inteligibilidad y hasta el aspecto estético, pueden ser un factor determinante para una menos adecuada y asidua utilización.
- ✓ **Programas de Conservación Auditiva**:
  - Acompañar regularmente los riesgos y las medidas de control del ruido, tanto en el plan interno como en el ámbito de una correcta vigilancia médica y sanitaria;
  - Evaluar y analizar el ruido ocupacional, posibilitando una correcta identificación de los trabajadores con probabilidad de que estén expuestos a ruido excesivo, así como una oportuna actualización de las alteraciones significativas en las condiciones de trabajo, a nivel de los procesos y/o de los equipos;
  - Evaluar y analizar la función auditiva de los trabajadores, en virtud de que las pérdidas auditivas aunque no se hagan notar inmediatamente en la percepción auditiva del individuo, sino gradualmente evidenciadas en audiometrías.
  - Formar, concienciar, informar y señalar a los trabajadores, potenciando su atención e integración permanente en una problemática que, aunque a veces no se le dé mucha importancia ya que se vuelve secundaria de cara a las exigencias y compromisos laborales del día a día, debe ser complementada con la señalización estática sino que también dinámica.
  - Organizar y archivar los registros, permitiendo el rastreo de futuras situaciones de enfermedades profesionales, así como la seguridad de que se haga una debida evaluación y realización de medidas de control y riesgo a lo largo de los años.

De forma a promover continuidad al desarrollo de aplicación de este trabajo de investigación, será interesante garantizar la colaboración e integración de esta unidad industrial, beneficiándose mutuamente del histórico de información acumulado, experiencia y conocimiento, como factores enriquecedores de la salud de los trabajadores, de la comunidad científica y también de la necesaria modernización del sector metalúrgico y metalmecánico.

Trabajos futuros:

El trabajo aquí iniciado tiene buenas condiciones para ser complementado con trabajos futuros, donde podrán ser desarrollados o profundizados los siguientes temas:

1) Desarrollar estudios epidemiológicos que incluyan a los trabajadores internos y hasta los colaboradores externos profesionalmente expuestos al ruido en esta unidad industrial, con el objetivo de verificar la existencia de la relación de casualidad entre enfermedades del sistema auditivo. Siendo los estudios epidemiológicos la principal fuente de conocimiento en este tema, los parámetros del modelo deben ser fácilmente revistos en función de nuevos conocimientos que se puedan desarrollar en un futuro.
2) Determinar el nivel de riesgo para cada uno de estos profesionales en función de su exposición a los niveles de ruidos a que se encuentran expuestos, de los años de exposición y la susceptibilidad individual. Incluir también, en la evaluación del riesgo individual, la exposición al ruido fuera del ámbito laboral, como por ejemplo diagnósticos y tratamientos médicos.
3) Construir el *hardware* para el sistema propuesto para adquisición y registro de señales sonoras, incluyendo también la capacidad de generar alarmas sonoras y visuales.
4) Continuar el desarrollo del sistema de análisis del ruido propuesto, en una vertiente evolutiva de *software* creando programas de interface que se apliquen en la producción de mapas, gráficos e informes de ruido, desde una perspectiva de lógica funcional que permita una gestión centrada del ruido a partir de la búsqueda de información oriunda de múltiplos locales, simultáneamente con la potencialidad del control a distancia, a la vez de parametrizaciones, como para la generación de alarmas.
5) Construir un Sistema de Información Geográfica (SIG) a nivel del país con la localización y características de las actividades donde exista riesgo significativo de exposición laboral al ruido. Efectuar un inventario exhaustivo de todas las industrias con niveles de ruido significativos y proceder a su recogida de forma geográfica y características en lo que se refiere a riesgo para la salud de sus trabajadores, público, poblaciones vecinas y medio ambiente. Estudiar las medidas para la prevención de los riesgos asociados al ruido, a nivel de territorio, y proponer medidas y protección de poblaciones contra el ruido.

Necesidades en lo que se refiere a investigación:

De forma general, la investigación en el área del ruido y específicamente orientada a determinados sectores (servicios de salud, establecimientos de enseñanza, hostelería y restauración, transportes y centros de atendimiento telefónico), permitiría identificar cuestiones importantes y pertinentes a tener en cuenta en el ámbito de la prevención laboral.

Específicamente y sin prejuicio de otras situaciones identificables, deberían centrarse los esfuerzos de investigación científica con el objetivo de dar una adecuada prevención sobre el ruido y vibraciones, tanto en el ámbito de accidentes de trabajo como en el desarrollo de enfermedades profesionales, que relacione:

- ✓ Trabajadores con deficiencia auditiva y referenciadas con avisos y señales sonoras;
- ✓ Efectos combinados con la medicación y la manipulación productos químicos;
- ✓ Trabajadoras embarazadas y el desarrollo de los fetos a lo largo de la gestación.

E - Conclusiones

En este estudio ha sido efectuada una exhaustiva búsqueda de biografía centrada en tópicos con el mismo contexto y ámbito de intervención, referidos al nivel del impacto ambiental causado por el ruido generado en la industria metalúrgica y metalmecánica, del recurso de herramientas de información geográfica y del desarrollo de sistemas indicadores de ruido, permitiendo llegar a la conclusión de que los resultados obtenidos se asemejan en mutua sintonía y que el modelo propuesto de sistema para monitorización y control del ruido industrial contempla procedimientos y beneficios en complementariedad evolutiva.

Fue igualmente posible concluir que este modelo conceptual posee además capacidad para ser aplicado de forma fácil, con los debidos ajustes, a otras actividades donde existan niveles de ruido considerables, pudiendo también ser utilizado en otras variantes de la seguridad e higiene en el trabajo, recorriendo a otro tipo de sensores y/o transductores en función de las señales y/o de las condiciones ambientales que se quieran medir, y a las necesarias adaptaciones en el *hardware* de interface y en el *software* de acuerdo con la respectiva ley en vigor.

Los estudios epidemiológicos analizados muestran un ligero aumento en la tasa de incidencia de la sordera, incluso para niveles más bajos de exposición al ruido, resultados aquellos que están asociados a situaciones de mayor sensibilidad individual, sugieren la posibilidad de dosis bajas de exposición al ruido puedan producir daños graves en la salud de los trabajadores.

Este efecto se amplifica en gran medida en los trabajadores fumadores o donde hay exposición simultánea a otros inhalantes, y por consiguiente es importante considerar la existencia de trabajadores con mayor sensibilidad al ruido, bien como los efectos acumulativos y sinérgicos de los diferentes tipos de emisión de ruido en el lugar.

A través de la consulta en estudios disponibles sobre el ruido, nos damos cuenta de que el proceso de producción es generador de niveles de presión sonora bastante altos, se destaca la importancia de trabajar con muestras grandes y bien caracterizadas, para eliminar todas las situaciones que puedan introducir la incertidumbre en lo que se refiere a la interpretación de los resultados.

En la fase de búsqueda de información, fueron identificados además, casos de elevados niveles de ruido en la industria metalúrgica y metalmecánica, nacional e internacional. Estos valores han sido confirmados por las mediciones realizadas en este trabajo, pudiendo por lo tanto, por esta similitud, se afirmar que el ruido en este tipo de industria presenta niveles significativos y bastante variados.

Hay, pues, una necesidad de ampliar los estudios en el área de Salud en el Trabajo teniendo en cuenta la influencia de otros agentes nocivos a la salud auditiva para minimizar o eliminar dichos riesgos en el lugar de trabajo. El tiempo de actividad en la empresa y la historia positiva de trauma en la cabeza, a pesar de tener sólo una importancia marginal, merecen ser considerada, ya que son pertinentes en el contexto del desarrollo de la sordera.

La legislación portuguesa que se cita a continuación el Decreto-Ley n.° 182/2006, de 6 de septiembre, indica que todo trabajador que en su trabajo se expone a diario a un valor mayor o igual a 80 dB (A), se debe considerar como trabajador expuesto y se le aplican todos los requisitos del examen médico, la vigilancia de los lugares de trabajo y a la protección contra el ruido estipulado en dicha legislación.

El modelo propuesto para un sistema autónomo para el monitorización y control de ruido, que fue desarrollado como un proyecto aplicado a la industria metalúrgica y metalmecánica, tiene, sin embargo, el potencial de extenderse fácilmente a otras industrias, a una lógica procedimental interactiva con un centro de habilidades y control del ruido a la distancia.

La simplicidad en el diseño, aplicabilidad, modularidad, implantación, escalabilidad y capacidad de funcionamiento de este sistema, se evidencia por su constitución en dos componentes diferentes que se interconectan a través de una puerta de comunicaciones *USB*, estando la primera situada externamente que consiste en *hardware* dedicado a la adquisición configurable de señales sonoras a recoger en los puestos de trabajo seleccionados, y la segunda internamente que consiste en el *hardware* (ordenador) y en el *software* (tanto genérico/comercial, como específico) dedicados al registro, procesamiento y análisis de señales sonoras con o sin filtro con ponderación “A”, según la información a obtener y tratar.

El proceso analítico de la información recogida presenta dos valencias para apoyar la gestión y control del ruido, una de ellas en una componente más dirigida para producir mapas ilustrando las variaciones en la influencia de los niveles de ruido en dB(A), y la otra una componente más detallada del espectro de frecuencias, con los niveles de presión sonora presentados en bandas de octava y/o de 1/3 de octava, permitiendo así el acceso a un procedimiento analítico detallado con múltiples posibilidades.

El trabajo iniciado aquí tiene buenas condiciones para ser complementado con nuevos trabajos de investigación, a través de estudios epidemiológicos, al desarrollo y optimización de *hardware* y *software* de interface de aplicación *input/output*, y a la implantación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) global en el país con la localización y características de las actividades donde exista riesgo significativo de exposición laboral al ruido.

Todos nunca seremos demasiados para contribuir para un mundo mejor, por lo tanto, trabajos futuros, talvez usando una tecnología semejante, son deseables en todo tipo de actividades donde exista peligro para la salud de los trabajadores y para el medio ambiente del cual somos parte integrante, poniéndonos el reto de que decidamos si pretendemos ser destruidores o defensores de ese bien nuestro.

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório explicam-se as razões da escolha do tema abordado e as hipóteses a desenvolver neste trabalho de investigação, enumerando-se de forma sistemática os objetivos gerais e específicos que se pretendem atingir com o mesmo.

Numa perspetiva de enquadramento de base à problemática do ruído, faz-se uma alusão aos seus múltiplos efeitos na saúde e aos riscos associados, tanto do ponto de vista do desenvolvimento de doenças profissionais como de acidentes de trabalho associados, bem como ao universo de pessoas expostas.

Realiza-se uma caracterização técnica e sistemática do som, pela importância aplicacional que representa nos cálculos e na compreensão dos fenómenos inerentes à influência das variações de pressão sonora sobre os trabalhadores.

Apresenta-se uma síntese dos aspetos fundamentais da anatomia e da fisiologia da audição, abordando-se a avaliação da função auditiva e a realização de audiometrias, e também os critérios para o cálculo e classificação das perdas auditivas, com especial enfoque em função da idade e da exposição ao ruído ocupacional.

Por último, em termos de qualidade acústica ambiental, detalham-se genericamente os critérios regulamentares sobre ruído em espaços ocupados e de conforto acústico.

1.1 Motivação para a Escolha do Tema

A escolha do tema para este trabalho de investigação, *"Diseño e implantación de un sistema de gestión del ruido ambiental en la industria"*, foi motivada pela tomada de consciência, por parte do autor, de que o ruído é uma fonte muito significativa de perturbação para a saúde e bem-estar dos trabalhadores na indústria, tornando-se assim necessário encontrar formas expeditas e inovadoras de prevenir os danos que possam vir a ser causados aos trabalhadores neste domínio.

O problema da exposição laboral a fontes de ruído, se bem que recentemente legislada em Portugal pelo Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro (*estabelece prescrições mínimas de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde, decorrentes ou que possam decorrer, da exposição ao ruído e, especialmente, contra riscos para a audição – 17.ª Especial na aceção do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE do Conselho, de 12 de junho*), não é ainda do conhecimento generalizado e, muito menos, detalhado, por parte dos empregadores e dos trabalhadores.

Por outro lado, existe ainda um campo aberto para pesquisa e desenvolvimento científico nesta área, para encontrar bases técnicas sólidas que permitam a implementação de medidas de prevenção e de proteção, em tempo útil, contra a exposição laboral a fontes de ruído.

Salvaguardando as empresas vanguardistas, em matéria de combate ao ruído, associadas à identificação correta das fontes de ruído, com vista à sua correção, influenciando positivamente a saúde do coletivo, verifica-se que, sobretudo devido aos custos e à lentidão evolutiva da legislação e inerente aplicação, a maioria das empresas de cariz industrial continua a servir-se de dosímetros individuais para medir a exposição de cada trabalhador e a fomentar a utilização singela de equipamentos de proteção individual.

O estado da arte mostra que, por força do cumprimento da nova legislação, estão criadas as condições objetivas para se integrar o combate ao ruído no modelo organizativo empresarial, visualizando-se assim um amplo horizonte de oportunidades.

Concretamente, o artigo n.º 16 do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, define o regime de responsabilidade contraordenacional aplicável às entidades empregadoras com valores de penalização para o regime geral pela Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro, que aprova o Código do Trabalho, definidos nos seus artigos n.º 548 a n.º 566 em UC (Unidade de Conta Processual) função, essencialmente, do escalão de gravidade das infrações laborais cometidas e dos volumes de negócios das empresas, com especial agravamento se o caso não for de negligência mas sim de dolo, em que cada UC em vigor para o ano de 2015 em Portugal corresponde a €102,00 por força da alínea a) do artigo 117.º da Lei 82-B/2014, de 31 de dezembro, que aprova o Orçamento do Estado.

No que diz respeito à determinação dos valores das coimas, por escalão de gravidade, o artigo n.º 554 do Código do Trabalho define que a mesma resulta do volume de negócios da empresa e do grau da culpa do infrator.

Por aplicação do n.º 1 do artigo 556.º e do n.º 4 do artigo 554.º do Código do Trabalho, os valores máximos das coimas aplicáveis a contraordenações muito graves, em situação de violação de normas de segurança e saúde no trabalho, são elevados para o dobro.

Para se ter uma ideia aproximada dos impactos financeiros resultantes da aplicação direta da lei, por exemplo, uma empresa com um volume de negócios inferior a 500 mil euros anuais que cometa neste âmbito uma infração muito grave fica sujeita a uma coima idêntica a uma outra empresa com um volume de negócios igual ou superior a 10 milhões de euros anuais mas que apenas cometa uma infração grave, podendo facilmente atingir-se coimas de €4800,00 (2 x 20UC x €120,00) para casos de negligência ou de €13200 (2 x 55UC x €120,00) para casos de dolo, sendo que os valores de limite inferior e superior se situam nos €480,00 (2 x 2UC x €120,00) e nos €144000,00 (2 x 600UC x €120,00), respetivamente, salvo outras situações de possível agravamento.

O grande desafio enquadra-se, todavia, na forma como se conseguirão contornar, com sucesso e rentabilidade, os fatores de competitividade comercial sustentados nos mais diversos custos de produção industrial, num contexto de Aldeia Global em que cada empresa se insere.

1.1.1 A problemática do ruído: danos induzidos

É amplamente conhecido que o ruído afeta as pessoas, causando diversos problemas do ponto de vista fisiológico:

- ✓ Lesões nos órgãos da audição - às vezes sem dor – alteração da gama de sons audíveis, e no pior dos casos, danos irreversíveis no mecanismo fisiológico da audição, criando o que é habitualmente denominado como "surdez" (perda de audição);
- ✓ Fadiga física e alteracões hormonais;
- ✓ Hipertensão arterial e as doenças vasculares; tendo sido associada com o enfarte do miocárdio;

Do ponto de vista psicológico e social, pode causar alterações nos comportamentos individuais, chegando a afetar o sistema nervoso:

- ✓ Dificuldades de comunicação;
- ✓ Perda de concentração e reflexos;
- ✓ Aumento das tensões a que um indivíduo está sujeito;
- ✓ Irritabilidade, stresse e fadiga psicológica;
- ✓ Agravamento de estados de ansiedade em personalidades depressivas;
- ✓ Redução do desempenho no trabalho;
- ✓ Contribuição para o aumento de acidentes laborais.

1.1.2 Legislação sobre o ruído e aspetos de segurança

Até à entrada em vigor da Diretiva Europeia 2003/10/CE, de 6 de fevereiro (e da sua transposição para Portugal: Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro), a legislação centrava-se na prevenção contra o ruído como o agente causador da surdez.

Segundo a nova legislação, é explicitamente obrigatório ter em consideração as interações entre ruído e a segurança. Em particular, afirma que é necessário avaliar a interação entre o ruído de fundo e a audição de sinais relacionados com a segurança.

Neste novo contexto, a utilização de um sistema de recolha de informação (níveis de ruído), que também potencie a geração de alarmes auditivos ou visuais capazes de garantir atuações em termos do nível de ruído realmente existente, reveste-se de particular importância para a otimização da produtividade dos trabalhadores em condições adequadas de higiene, saúde e segurança.

1.1.3 Controlo regulamentar de aspetos ergonómicos do ruído (conforto)

Atualmente não existe legislação, e quase não há regulamentos específicos que abordem esta questão, o que se constitui num problema pouco estudado.

1.1.4 Elementos de controlo e prevenção técnica do ruído

Existem diferentes métodos de combate passivo (blindagens, enclausuramentos, etc.) ou ativos (geração de sinal para anular o ruído existente), embora nem sempre de fácil aplicação, ou que, por vezes, têm limitações técnicas ou económicas (em especial o controlo "ativo" do ruído).

Portanto, qualquer ferramenta, que na fase de deteção e medição de níveis de ruído possa auxiliar na sua prevenção, constitui um avanço de grande interesse prático. Neste sentido, um sistema de gestão que trabalha com dados em tempo real, como proposto neste estudo resultará como muito útil.

1.1.5 Medição representativa do ruído: problema existente

Os estudos de ruído apresentam muitas dificuldades e deficiências, pois exigem muito tempo de medição, tornando-os mais caros ou acabando por se realizar "incompletos". Além disso, incluindo estudos bem realizados, pode acontecer que sejam válidos somente em determinados dias, e quando as mudam as condições de fabrico ou da indústria seriam necessárias novas medições, o que se torna complicado e caro, ficando geralmente por fazer.

1.1.6 Possibilidade de melhoria

Portanto, uma melhoria do sistema habitualmente utilizado para caracterizar os níveis de ruído existentes consiste em caracterizar o mesmo de forma contínua (medição de níveis de ruído "online"), em pontos estrategicamente localizados e identificados como pontos "críticos" por forma a garantir níveis adequados de saúde dos trabalhadores.

Um bom controlo dos níveis reais "online" (assim como a sua monitorização) permitiria atuações administrativas e organizacionais, ou otimização das soluções técnicas a implementar. Trata-se de uma abordagem moderna que visa otimizar a prevenção realizada, podendo até resultar numa forte alternativa ao método tradicional que consiste na atuação sobre as fontes de ruído, cuja influência sobre o ruído total nem sempre é bem conhecida.

1.1.7 Proposta de ação inovadora

O sistema experimental consiste numa arquitetura simples (modular) composta de sensores de ruído ligados a módulos de aquisição de dados que encaminham a informação para uma central de tratamento, onde se encontra um programa de monitorização e modelização detalhada e rápida do ambiente ruidoso em estudo.

1.2 Objetivos do Trabalho

O objetivo geral deste trabalho centra-se no desenvolvimento de um sistema de gestão de ruído ambiental na indústria para avaliação em tempo real dos riscos para a saúde dos trabalhadores expostos ao ruído que conduza, de forma expedita e organizada, ao desenvolvimento de métodos adequados de prevenção e de proteção que permitam reduzir o nível de exposição com vista a proteção continuada da saúde.

Procura-se atingir esse objetivo geral proposto através da concretização de objetivos específicos, seguidamente identificados.

1.2.1 Desenvolvimento de um modelo de sistema para monitorização de níveis de ruído à distância

Desenvolvimento de um modelo de sistema autónomo para monitorização em tempo real e controlo de ruído aplicado à indústria metalúrgica e metalomecânica, com a possibilidade de alargamento posterior a outras indústrias enviando os dados recolhidos para um centro de competências de gestão e controlo de ruído à distância.

1.2.2 Avaliação dos riscos para a saúde dos trabalhadores expostos ao ruído

Ao nível dos processos de reengenharia e respetivos investimentos a serem realizados, a avaliação destes riscos resultará dos "outputs" obtidos a partir do sistema, constituindo-se como os principais indicadores de apoio à gestão industrial:

- ✓ Mapas gráficos – mapeamento acústico (influência do ruido);
- ✓ Quadro de comando – informação estatística organizada.

1.2.3 Proteção contra o risco / políticas de proteção

O controlo, propriamente dito, surgirá a partir da interpretação adequada dos "outputs" resultantes do sistema, assentando principalmente em três tipos de intervenção:

- ✓ Atenuação (eliminação, se for possível) do ruído na fonte;
- ✓ Rotação dos trabalhadores nos postos de trabalho;
- ✓ Garantir o uso dos protetores auditivos adequados.

De forma complementar, o sistema poderá facilmente evoluir para a emissão sinais de aviso sonoros / luminosos, quando necessários, tendo em conta os níveis de ruído existentes e assegurando a perceção auditiva / visual dos alarmes, dando cumprimento às exigências regulamentares em vigor.

1.2.4 Avaliação dos resultados obtidos

Os resultados obtidos com o sistema automático poderão ser validados com os resultados obtidos através das medições tradicionais (usando sonómetros e dosímetros).

A intenção é criar um modelo ajustável que reflita a realidade (em termos de níveis acústicos e de exposição ao ruído), tendo em consideração diferentes variações que possam surgir e cuja estratégia de atuação se pode resumir nos seguintes pontos:

1. Caracterizar as atividades desenvolvidas, as fontes emissoras de ruído e os locais de trabalho.
2. Realizar medições em todos os locais de trabalho, com um sonómetro recolhendo informação em bandas de oitava sobre o ruído presente.
3. Proceder à análise espectral do ruído em cada posto de trabalho e à sua influência sobre a exposição pessoal diária.
4. Efetuar a adequada seleção dos protetores auditivos, a usar pelos trabalhadores expostos a níveis elevados de ruído.
5. Propor um modelo de sistema de aquisição, registo e tratamento de sinais sonoros que permita uma análise detalhada do ruído e do seu impacto sobre os trabalhadores.
6. Recurso a mapas e gráficos com informação estatística e de influência do ruído no espectro de frequências.
7. Propor medidas de prevenção e de proteção coletivas e individuais para minimizar o risco da exposição ao ruído.
8. Propor medidas de ajustamento e/ou reparação da maquinaria em função das anomalias eventualmente detetadas.
9. Indicar caminhos de investigação para futuros desenvolvimentos nesta área que permitam aprofundar este tema, onde existe ainda um campo aberto para pesquisa e produção de conhecimento científico.

1.3 Hipóteses a Desenvolver

Neste trabalho, parte-se do pressuposto inicial de que a proteção dos trabalhadores contra a exposição ao ruído se fundamenta na hipótese mais conservativa de que qualquer dose de ruído, por mais baixa que seja, pode provocar efeitos negativos na saúde.

Neste contexto, pretende-se desenvolver as seguintes hipóteses de trabalho:

- ✓ Nas indústrias metalúrgicas e metalomecânicas existem níveis elevados de exposição ao ruído com perigo potencial para a saúde dos trabalhadores expostos.
- ✓ Neste tipo de indústria existem trabalhadores expostos a níveis de ruído significativos.
- ✓ Existe um risco particularmente elevado para a saúde dos trabalhadores, derivado da exposição ao ruído provenientes de certo tipo de atividades, maquinaria e ferramentas nos locais de trabalho.
- ✓ A exposição ao ruído associada a outros agentes contaminantes, como sejam as vibrações, pode potenciar significativamente o desenvolvimento de outras doenças profissionais nos trabalhadores, para além da surdez.
- ✓ Existe uma relação causa efeito demonstrável entre a exposição ao ruído e o desenvolvimento de doenças profissionais em trabalhadores expostos.
- ✓ Podem ser desenvolvidos e implementados mecanismos simples e eficazes de monitorização e controlo da exposição laboral ao ruído em locais de risco elevado.
- ✓ É possível desenvolver em Portugal uma cultura de sensibilização para os riscos resultantes da exposição ao ruído e promover as bases científicas que permitam a implementação de políticas adequadas de prevenção e de proteção dos trabalhadores.

1.4 Efeitos do Ruído na Saúde

O efeito mais conhecido sobre a saúde é a surdez. Quando a agressão não é demasiado intensa, a surdez corresponde apenas a perturbação funcional e é reversível. A audição de um som de 90 dB(A) durante sete dias provoca surdez reversível ao longo de uma semana, e a audição de um som de 100 dB(A) durante uma hora e meia, provoca surdez reversível que leva, cerca de oito horas, a recuperar. Já a audição dos mesmos 100 dB(A) durante sete dias, provoca uma pequena surdez permanente (pouco mais de 10 dB(A) do zero audiométrico) correspondente a lesão orgânica das células ciliadas da cóclea(1).

O risco de surdez permanente varia, exclusivamente devido ao ruído, de acordo com a intensidade e a duração da exposição, distribuindo-se como se ilustra no Quadro 5[27].

Quadro 5 – Risco de perda de audição para a conversação, devido exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição

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

(Fonte: Norma Portuguesa NP-1733, 1981)

Os seres humanos, quando jovens, ouvem sons num intervalo entre os 18 e os 20 kHz, 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(1).

Felizmente que a surdez devida ao ruído industrial inicia-se geralmente numa frequência ainda pouco incapacitante – 4000 Hz - dando oportunidade, caso sejam feitas audiometrias periódicas, detetar os que vão desenvolver a surdez e tomar as devidas providências, ainda numa fase não incapacitante(1). Como se poderá verificar pela consulta no Quadro 5, nem todos ensurdecem quando sujeitos à mesma dose de ruído.

[27] Norma Portuguesa NP-1733, estabelecida pela Portaria n.º 382/81, de 2 de abril de 1981, e estudada pelas Comissões Técnicas Portuguesas de Normalização de “Acústica” e “Segurança e Higiene no Trabalho”, apresenta uma estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção de audição.

A suscetibilidade ao ruído é efetivamente muito diferente de pessoa para pessoa. Atualmente, ainda não existe forma de diferenciar preditivamente os que são, dos que não são suscetíveis. Isto, aliado ao facto de a hipoacústica 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 detetar, ainda em fase inicial, os mais suscetíveis ao ruído(1).

A exposição ao ruído pode causar diversas perturbações da audição. A exposição de curta duração e pressão sonora extremamente elevada pode causar lesões auditivas imediatas. A exposição a níveis sonoros elevados pode provocar zumbidos constantes, também designados por acufenos, que podem ser o primeiro sinal de que a audição está a ser afetada, por efeito de lesão neuro-sensitiva(1).

Existem ainda os conhecidos efeitos psicológicos, alguns inerentes à própria incomodidade do ruído (depressão, ansiedade, agitação e irritabilidade), outros como consequência da impossibilidade de comunicação social (incapacidade de aprendizagem da linguagem por parte da criança) e outros ainda por mecanismos mal conhecidos (por exemplo o ruído diurno altera a qualidade do sono noturno). Estes efeitos são mais graves em pessoas já com debilidades psicológicas(1).

Para um mesmo nível sonoro, os tons puros perturbam mais do que um som complexo composto de vários tons. Os sons de carácter impulsivo são geralmente mais incomodativos(2).

A exposição ao ruído pode originar uma série de riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores(3):

- ✓ Perda de audição: o ruído excessivo danifica as células ciliadas da cóclea, que fazem parte do ouvido interno, podendo provocar assim a perda de audição. «Em muitos países, a perda de audição induzida pelo ruído constitui a principal doença profissional irreversível»(4). Estima-se que, na Europa, o número de pessoas com dificuldades auditivas seja superior à população de França(5).
- ✓ Efeitos fisiológicos: há provas de que a exposição ao ruído tem efeitos sobre o sistema cardiovascular, provocando a libertação de catecolaminas e a subida da tensão arterial. Os níveis de catecolaminas no sangue [incluindo epinefrina (adrenalina)] estão associados ao stresse.
- ✓ Stresse relacionado com o trabalho: raramente é possível apontar uma causa única para o stresse relacionado com o trabalho, que, normalmente, resulta da interação de diversos fatores de risco. O ruído no local de trabalho, ainda que a níveis bastante baixos, pode provocar stresse.
- ✓ Aumento do risco de acidentes: níveis de ruído elevados limitam a capacidade de os trabalhadores ouvirem e comunicarem, aumentando a probabilidade de acidentes. O stresse relacionado com o trabalho (de que o ruído pode ser um fator de risco) pode agravar este problema.

Para a Organização Mundial de Saúde(6), para evitar incomodidade elevada, o ruído ambiente exterior no período diurno na proximidade de edifícios de habitação deve situar-se abaixo de 55 dB(A), $L_{Aeq,dia}$.

No período noturno, para evitar distúrbios no sono, o ruído ambiente no interior dos quartos não deve exceder os 30 dB(A), $L_{Aeq,noite}$.

Em concordância como o Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, há que ter em consideração que os níveis de ruído não são igualmente nocivos nas várias bandas de frequência e que as suscetibilidades individuais podem levar a efeitos muito distintos em várias pessoas de um grupo sujeito à mesma exposição.

As substâncias químicas existentes nos locais podem ser ototóxicas (literalmente, «venenosas para os ouvidos»), com efeitos negativos nos órgãos da audição, traduzindo-se num risco acrescido quando em conjugação com a exposição ao ruído. Esta sinergia é particularmente notada quando o ruído surge associado a alguns solventes orgânicos utilizados na indústria dos plásticos e na indústria gráfica, bem como na produção de tintas e vernizes(7).

Por outro lado, a exposição das trabalhadoras grávidas a níveis sonoros elevados pode ter consequências para o feto. A exposição prolongada a ruído forte pode aumentar a tensão arterial e provocar cansaço(7).

Segundo comunicação da Comissão Europeia, Diretiva 92/85/CEE do Conselho, sobre as diretrizes para a avaliação dos agentes químicos, físicos e biológicos e dos processos industriais considerados perigosos para a segurança ou a saúde das trabalhadoras grávidas, puérperas ou lactantes: «Experiências realizadas sugerem que uma exposição prolongada do feto a um som intenso, durante a gravidez, pode ter repercussões sobre a futura capacidade auditiva da criança e que as baixas frequências são potencialmente mais perigosas».

Milhões de trabalhadores europeus são expostos diariamente 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 setores como a indústria transformadora e o setor da construção, pode igualmente constituir-se como um problema para um vasto leque de outros ambientes de trabalho, desde centros de atendimento telefónico a escolas ou aos fossos de orquestras até aos bares(3).

Um em cada cinco trabalhadores europeus tem de falar alto durante pelo menos metade das suas horas de trabalho e 7% sofre de problemas auditivos relacionados com o trabalho(8). De acordo com os dados disponíveis, a perda de audição provocada pelo ruído é a doença ocupacional mais comum na União Europeia(9).

A consequência mais óbvia da exposição ao ruído é a alteração/perda da sensibilidade auditiva. Devem contudo ser assinalados os efeitos a nível físico e psíquico que o ruído aporta para o ser humano(10).

Inicialmente, a fadiga auditiva ou o Deslocamento Temporário dos Limiares Auditivos (*TTS – Temporary Treshold Shift*) manifesta-se por uma diminuição temporária e reversível da capacidade auditiva, sendo determinada pelo grau de perda de audição e pelo tempo que o ouvido tarda em retomar o limiar de audição inicial. Depende fundamentalmente do espectro, intensidade e duração do estímulo sonoro que provoca a fadiga(10).

No extremo oposto, a surdez ou o Deslocamento Permanente dos Limiares Auditivos (*PTS – Permanent Treshold Shift*) tem um cariz neurosensorial e irreversível (por destruição das células ciliadas do órgão de *Corti*[28])(10).

[28] Órgão descoberto em 1850 pelo anatomista italiano Marquês *Alfonso Giacomo Gaspare Corti* (1822-1876), através de pesquisas microscópicas ao sistema auditivo dos mamíferos.

É influenciada pelas características do ruído de exposição (tipo, espectro e nível de pressão sonora), pelo tempo de exposição e pela suscetibilidade individual, sendo mais evidente para sons puros e para frequências elevadas. Por esta razão, num estádio inicial, o dano auditivo não interfere diretamente com a conversação diária, não sendo por isso imediatamente percecionado e combatido(10).

Especificamente, o *PTS* resultante da exposição ao ruído industrial, é evidenciado por uma diminuição da acuidade auditiva em torno dos 4 kHz, formando um escotoma em "U" ou em "V" percetível nos audiogramas, como consequência da predominância do espectro desse ruído em torno dos 1,5 e 3,5 kHz(11), alargando-se progressivamente até abranger as baixas frequências, que estão diretamente relacionadas com a perceção da palavra(10), Figura 31 e Quadro 6.

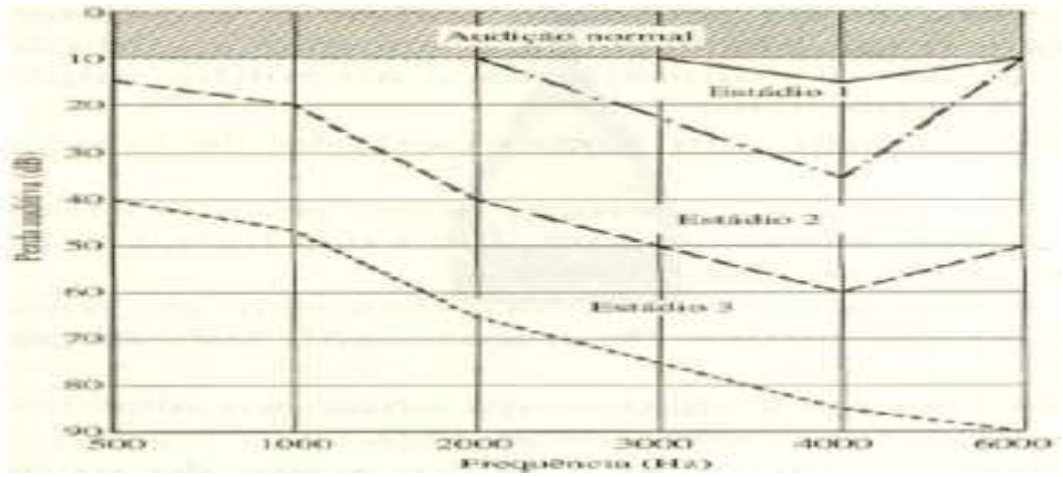


Figura 31 – Evolução da surdez profissional

(Fonte: Alberto Miguel, 2010)

Quadro 6 – Estádios da evolução da surdez profissional, segundo *Bell*

Estádio	Descrição
0	Curva audiométrica normal.
1	Défice transitório: perda auditiva localizada somente na frequência de 4000 Hz, não ultrapassando os 30 a 40 dB.
2	Período de latência: perda auditiva atingindo as frequências de conversação.
3	Período de surdez manifesta (doença profissional): perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais (geralmente dos 500 a 8000 Hz).

(Fonte: Alberto Miguel, 2010)

Para além dos *TTS* e dos *PTS*, a exposição a ruído elevado pode provocar outras alterações ao nível da audição, nomeadamente pelo aparecimento de acufenos (zumbidos – de carácter temporário ou permanente), distorção do som e das palavras. O ruído ocupacional/industrial não é contudo a única fonte de ruído com potencial para provocar alterações/perdas auditivas, destacando-se as situações extra profissionais, decorrentes de atividades lúdicas e sociais – frequências de discotecas e ambientes ruidosos, uso de ferramentas ruidosas, prática de caça e de desportos motorizados, etc. A presença de cerúmen ou corpos estranhos pode bloquear o canal auditivo ou mesmo provocar a rutura da membrana do tímpano, provocando uma perda auditiva por condução(10).

A idade (fenómeno natural conhecido por presbiacusia), fatores hereditários, o contacto com substâncias e medicamentos ototóxicos, determinadas doenças (do foro otológico ou infeciosas, como a meningite, o sarampo ou a encefalite), e os traumas físicos que possam danificar o osso temporal, são fatores que podem condicionar e influenciar de forma notável as perdas auditivas permanentes(10).

No local de trabalho, o ruído excessivo gera fadiga, influência de forma negativa a capacidade de concentração, perturba a comunicação, podendo mascarar os sinais de alarme e as mensagens sonoras de aviso de perigo. Tais fatores contribuem para um decréscimo do rendimento do trabalhador, influenciando a produtividade e a qualidade do produto final, constituindo ainda um fator de risco de acidente(10).

A nível fisiológico, destacam-se ainda os seguintes elementos que, possivelmente, geram desconforto no ser humano(10):

- ✓ Dilatação das pupilas;
- ✓ Contração dos vasos sanguíneos;
- ✓ Aumento da frequência cardíaca;
- ✓ Contração muscular do estômago e do abdómen;
- ✓ Aumento da produção de adrenalina e corticotrofina;
- ✓ Ansiedade, stresse e irritabilidade;
- ✓ Problemas no sono e de memória;
- ✓ Impotência sexual e possíveis desequilíbrios do ciclo menstrual.

Os fatores a seguir enunciados são igualmente suscetíveis de influenciar o grau de perigosidade do ruído(3):

- ✓ Impulsividade - existem «picos» sonoros (por exemplo, produzidos por arcos elétricos);
- ✓ Frequência - medida em Hertz (Hz). A tonalidade de um som é a perceção da sua frequência. Por exemplo, a «tonalidade de concerto» (o «lá» acima do «dó» central) é de 440 Hz;
- ✓ Distribuição temporal - quando e com que regularidade o som ocorre.

Não sendo necessário 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 (3):

- ✓ Aumentando o risco de acidentes ao sobrepor-se a sinais de alerta;
- ✓ Interagindo com a exposição a alguns químicos e resultando, desse modo, num aumento do risco de perda de audição;
- ✓ Constituindo um fator causal do stresse relacionado com o trabalho.

1.4.1 Perdas na audição

A perda de audição induzida pelo ruído continua a ser uma das doenças profissionais reconhecidas mais comuns. Os custos da perda de audição representaram entre 1999 e 2001 cerca de 10% dos custos totais das doenças profissionais(12).

Embora possa haver alguma subnotificação e sub-reconhecimento destes casos, especialmente no que se refere às mulheres trabalhadoras, os valores dependem também do limiar aplicado à definição de perda auditiva. Na Alemanha, por exemplo, o número de casos reconhecidos está a estabilizar, estando a decrescer no que respeita ao grau de incapacidade auditiva(13).

A perceção dos trabalhadores relativamente aos problemas de audição registou um ligeiro aumento. De acordo com os resultados do inquérito europeu, 7% dos trabalhadores europeus consideram que o trabalho afeta a sua saúde em termos de perturbações auditivas(14).

Os trabalhadores que dizem estar sujeitos a um nível mais elevado de exposição ao ruído são também os que referem mais problemas de audição(13).

1.4.2 Zumbidos

A perda de audição induzida pelo ruído é acompanhada com frequência pelo *tinnitus*, ou zumbidos nos ouvidos. Os dados sobre o *tinnitus* ou acufenos, são escassos. Com base numa investigação de 2003 efetuada no Reino Unido, estimou-se que 153 mil homens e 26 mil mulheres de idades compreendidas entre os 35 e os 64 anos tinham problemas graves de audição atribuíveis ao ruído no local de trabalho e que cerca de 266 mil homens e 84 mil mulheres sofriam de *tinnitus* persistente, atribuível às mesmas causas. Uma monitorização posterior deverá permitir avaliar a dimensão do problema na Europa(13).

O zumbido é definido como a perceção consciente de um som na ausência de fonte externa (15). É um sintoma, não uma doença, e pode estar associado a múltiplas etiologias, inclusive à interação entre elas(16).

O zumbido é considerado uma desordem fisiológica resultante de atividade neuronal anormal nas vias auditivas e erroneamente interpretada como som, nos centros corticais(17).

Conceções atuais sugerem que, nessa condição, há o envolvimento do sistema auditivo periférico e central, aferente e eferente[29] e a interação com outros sistemas(18).

Para alguns indivíduos, o zumbido é somente uma perceção auditiva, enquanto para outros, devido à ativação do sistema límbico e do sistema nervoso autónomo(19), provoca impacto negativo e sofrimento(20). Tal efeito ocorre em aproximadamente 4% da população, com importante repercussão na qualidade de vida (15).

Estima-se que o zumbido ocorra em 10 a 15% da população geral, aumentando para 20 a 40% nos idosos(21).

As queixas mais frequentes referem-se à interferência no sono, persistência do zumbido, dificuldade para entender a fala, desânimo, frustração ou depressão, incómodo, irritação, inabilidade para relaxar e dificuldade de concentração ou confusão(22).

No trabalhador exposto ao ruído, o zumbido tem sido associado à Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). A prevenção do desencadeamento ou agravamento da PAIR, conforme postulam os programas de conservação auditiva, pode não ter eficácia para prevenir o zumbido ou para minimizar seu impacto na qualidade de vida do indivíduo(23).

[29] Nervos eferentes, são os que vão dos centros nervosos para a periferia. (Opõe-se a aferente.) Anatomia - Vasos eferentes, são os que conduzem os fluidos segregados.

1.4.3 Choque acústico

Choque ou impacto acústico é uma expressão utilizada para descrever os sintomas fisiológicos e psicológicos que se podem manifestar após a audição de um som intenso, repentino e inesperado, através de auscultadores ou de um telefone. Os operadores de centros de atendimento telefónico são os trabalhadores mais expostos a este risco(13).

O problema pode agravar-se quando os centros de atendimento são tão ruidosos que obrigam os operadores a aumentar o volume de som para além do que seria necessário se o local fosse menos ruidoso(13).

1.4.4 A doença vibroacústica

Resultante de 30 anos de investigação sobre a resposta biológica à exposição aos infrasons e ao ruído de baixa frequência (< 500 Hz), por parte de uma equipa multidisciplinar com sede em Portugal, a Doença Vibroacústica (DVA) foi definida como uma patologia induzida pelo ruído e caracterizada pelo crescimento anormal de colagénio na ausência de processos inflamatórios(24).

Em 2008, a DVA foi pela primeira vez reconhecida pelo Ministério do Trabalho como a causa para a incapacidade para o trabalho de uma assistente de bordo da aviação comercial(24).

Esta investigação conduzida em Portugal (e, independentemente, noutros países como a União Soviética/Rússia, Japão e China) tem demonstrado que os fenómenos acústicos, sejam ou não percecionados pelo sistema auditivo, podem efetivamente provocar alterações orgânicas no tecido biológico(25)(24).

Como resultado do esforço de uma equipa multidisciplinar de cientistas incluindo médicos, matemáticos, físicos, biólogos, engenheiros mecânicos e acústicos, foi definida uma entidade patológica – a doença vibroacústica (DVA)(26)(27).

A DVA é especificamente causada por exposição excessiva a Infrassons e Ruídos de Baixa Frequência - IRBF (considerados como todos os fenómenos acústicos que ocorrem abaixo dos 500 Hz)(24).

A DVA é uma patologia sistémica causada pela exposição excessiva a IRBF, e caracterizada pela proliferação anormal de colagénio e elastina, na ausência de processos inflamatórios. A DVA foi já diagnosticada em técnicos de aeronáutica(26)(28), pilotos militares(29) e civis e assistentes de bordo(30), bem como numa população insular exposta a IRBF ambiental(31). Foram também documentados casos de DVA em trabalhadores da marinha(24).

O Quadro 7 refere os sinais e sintomas desenvolvidos por técnicos de aeronáutica com um horário regular de atividade profissional, ou seja, 8h/dia, 5 dias/semana. Nem todos os trabalhadores expostos a IRBF partilham deste horário de exposição(32).

Por exemplo, os maquinistas de navios podem passar três semanas a bordo (i.e., expostos a ambientes substancialmente ricos em IRBF) e duas semanas em casa (i.e., em ambientes presumivelmente não ricos em IRBF)(32).

Operadores de submarinos e de plataformas petrolíferas, astronautas, são exemplos de outras atividades profissionais onde o padrão temporal de exposição a IRBF não é o das convencionais 8h/dia(24).

Quadro 7 – Fases clínicas da DVA

Fase Clínica	Sinal/Sintoma
Fase I – Ligeira (1-4 anos)	Ligeiras alterações do humor, indigestão e pirose, infeções da orofaringe, bronquite.
Fase II – Moderada (4-10 anos)	Dor no peito, alterações do humor bem definidas, dores lombares, fadiga, infeções da pele por fungos, vírus e parasitas, inflamação da superfície gástrica, dor a urinar e sangue na urina, conjuntivite e alergias.
Fase III – Severa (> 10 anos)	Distúrbios psiquiátricos, hemorragias da conjuntiva e dos epitélios nasal e digestivo, varizes e hemorroidas, úlceras duodenais, colon espástico, decréscimo na acuidade visual, cefaleias, dores articulares e musculares intensas, alterações neurológicas.

(Fonte: Nuno Castelo Branco, 1999)

Também a exposição ambiental em áreas residenciais pode ser contínua durante longos períodos de tempo, e existe durante as horas de sono. Nestas circunstâncias, a evolução dos sinais e sintomas pode ser grandemente acelerada(24).

Uma dona de casa de *Dublin*, por exemplo, desenvolveu ataques epiléticos consistentes com a DVA após três anos de permanência numa casa rica em IRBF(33).

Se a exposição a IRBF é ambiental e/ou recreativa, o modelo convencional de 8h/dia não é aplicável. Para além disto, dado que diferentes ambientes de IRBF têm distribuições de frequências distintas, a existência de algumas bandas de frequência mais predominantes que outras (i.e., que concentram mais energia acústica) pode conduzir ao desenvolvimento de patologias ligeiramente diferentes(24).

Em termos legais, a única patologia que se pode desenvolver devido a uma exposição excessiva ao ruído é a dificuldade auditiva, e as relações dose-resposta para a exposição a IRBF ainda não foram identificadas(34)(35). Deste modo, a medicina ocupacional raramente vê a sintomatologia da DVA como algo causado por exposição excessiva ao ruído(24).

De fato, dada a abundância de queixas associadas à DVA, Quadro 7, muitas vezes os médicos encaram os pacientes como simuladores ou hipocondríacos(36), especialmente porque os testes médicos de rotina (por exemplo, análises químicas ao sangue, ECG - Eletrocardiograma e EEG - Eletroencefalograma) não corroboram a existência de qualquer patologia. Um dos motivos para esta situação prende-se com o facto de a maioria dos testes médicos estar baseada em mecanismos bioquímicos e não biomecânicos(37)(24).

Há consequências terríveis para os pacientes, como inequivocamente exposto por um escocês, embarcado na marinha mercante, e que desenvolveu DVA(32).

Em caso de exposição ocupacional a IRBF, os trabalhadores podem desenvolver deficiências que requeiram uma reforma antecipada(28)(24).

Normalmente, os ambientes ricos em IRBF estão associados a maquinaria que, num mundo tecnológico em constante evolução, frequentemente se torna obsoleta em poucos anos (24).

Atualmente, muitos indivíduos que desenvolveram DVA devido a exposições ocupacionais não podem provar que estiveram expostos a IRBF porque as avaliações de ruído não consideram os IRBF, e muitas das fontes de IRBF deixaram de funcionar(24).

Para fins de diagnóstico informal, um ecocardiograma para avaliar o espessamento das válvulas cardíacas e do pericárdio é essencial, uma vez que o espessamento do pericárdio sem disfunção diastólica, e na ausência de processo inflamatório, é um sinal específico da DVA(38).

No entanto, dadas as limitações dos procedimentos ecocardiográficos, o ecocardiograma é insuficiente para fins legais e forênsicos. Assim, se é necessária uma prova legal de DVA, terá de recorrer-se a um exame mais invasivo – a broncoscopia(39)(24).

Outros testes de diagnóstico complementares incluem potenciais evocados auditivos do tronco cerebral e potenciais evocados cognitivos (P300), ressonâncias magnéticas, exame de ventilação PCO_2, fatores de coagulação sanguínea e um exaustivo exame neurológico. A suspeita de exposição excessiva aos IRBF deve surgir se o paciente exibe uma ou mais das seguintes queixas(24):

- "Oiço de mais, sou muito sensível ao ruído, não suporto nenhum tipo de ruído, o ruído deixa-me louco, sempre que há algum ruído alto, só tenho vontade de gritar";
- "Acordo cansado, não é que não durma horas suficientes, apenas parece que não descanso durante o meu sono";
- "Por vezes, quando estou num centro comercial ou num restaurante, sinto-me como se não conseguisse respirar, como se tivesse que sair dali, ou então…";
- "Tenho muitas palpitações no coração, por vezes parece que o meu coração vai saltar do peito"; e
- "Tenho esta tosse, e eu não fumo, a minha garganta está constantemente irritada e fico rouco sem razão, a medicação não tem qualquer efeito".

Ou, se o paciente entrar com um dos diagnósticos seguintes(24):

- ✓ Epilepsia tardia;
- ✓ Distúrbios no equilíbrio;
- ✓ Enxaquecas;
- ✓ Tumores no trato respiratório, especialmente em não-fumadores;
- ✓ Doenças autoimunes, particularmente lúpus eritematoso e vitiligo.

As células mais próximas à parte externa da orelha são mais sensíveis às altas frequências (a partir de 8 kHz), enquanto as células internas ao ouvido (próximas ao helicotrema) sensibilizam-se com frequências mais baixas (abaixo de 300 Hz), sendo estas as células que se prejudicam com o *LFN (Low Frequency Noise)*(40).

Além disso, níveis elevados de pressão sonora causados por uma fonte geradora de ruído de baixa frequência afetam toda a superfície do corpo humano. Experiências realizadas por diversos pesquisadores(41), permitiram concluir que o corpo humano reage de forma mecanicamente linear a estímulos sonoros levados pelo ar(42).

A existência de uma relação subjetiva entre altos níveis de ruído de baixa frequência e sensibilidade ao ruído ainda motiva pesquisadores(43). Por se tratar de um efeito subjetivo, torna-se muito difícil a sua medição. Entretanto, alguns fatores, relativamente a outros, demonstram ser mais preponderantes (42).

Idade, género e introversão não influenciam a sensibilidade ao ruído, contrariamente à capacidade de aborrecimento com um estímulo sonoro(43). Além do aborrecimento, podem ocorrer também(44)(45): stresse, distúrbio de sono, cefaleias, dificuldade de concentração, irritabilidade, fadiga, tontura ou vertigem, zumbido, ansiedade, doenças cardíacas (por exemplo, arritmia cardíaca), dores agudas no coração, disfunções neuro vasculares, disfunção do sistema vestibular.

1.4.5 O ruído e os acidentes

O ruído não se limita a deteriorar a audição do trabalhador: pode também causar acidentes, pois interfere com a comunicação. Os trabalhadores que utilizam protetores auriculares podem deixar de ouvir instruções verbais e avisos acústicos. Foram iniciados vários projetos de conceção de um método de previsão da inteligibilidade da fala e da perceção de sinais acústicos durante a utilização de protetores auriculares. Foi também identificado, em relatório do *Eurogip-08-E*(12), que há risco acrescido de acidente em trabalhadores com deficiências auditivas(13).

1.4.6 Efeitos combinados

A perda de audição pode também ser causada ou agravada pela utilização de produtos químicos. São substâncias ototóxicas conhecidas, os solventes, os metais, os medicamentos e as substâncias asfixiantes(13).

Os setores profissionais de elevada exposição ao ruído e a substâncias ou vibrações perigosas incluem a tipografia, pintura, construção naval, construção civil, indústria transformadora, indústria química, o fabrico de artigos de couro e de mobiliário, a agricultura e a indústria mineira. Nas fundições pode existir também uma exposição combinada ao ruído, às vibrações e a temperaturas elevadas. Muitos destes setores são mais predominantes nos novos Estados-membros do que na UE-15(13).

1.4.7 Outros efeitos na saúde

Há provas sobre vários tipos de efeitos para a saúde decorrentes de um nível médio de ruído, tais como problemas da voz, stresse, doenças cardiovasculares e problemas neurológicos. Um nível de ruído inferior ao que causa perda auditiva pode ter outros efeitos na saúde além dos que afetam a audição, se interferir permanentemente com o sono e o descanso, perturbar a comunicação e a inteligibilidade da fala ou interferir com tarefas mentais que exigem um elevado grau de atenção e concentração(13).

A partir de 55 dB(A) os efeitos da poluição sonora já aparecem, tendo como sintoma um leve stresse e a partir de 70 dB(A) em muitos indivíduos já aparecem sintomas que indicam prejuízos à saúde. Muitas pessoas não percebem é que são os níveis de ruídos moderados os responsáveis por grande parte dos problemas auditivos. Isso porque são toleráveis e aparentemente adaptáveis pela audição humana, devido ao ritmo da vida moderna(46).

Uma pesquisa realizada por *Yorg* e *Zannin*(47) pode exemplificar este fato, quando várias pessoas foram questionadas se os níveis de ruído encontrados no seu ambiente laboral e/ou no seu ambiente urbano, produziam alguma espécie de incómodo, a resposta frequente foi: "...Nós já estamos acostumados a estes ruídos, com o tempo a gente se acostuma...". Respostas desta natureza demonstram claramente que a exposição contínua ao ruído não é mais considerada como algo incómodo.

Os problemas causados por excesso de ruído, como fadiga, perturbação do sono, problemas cardiovasculares, perdas auditivas, irritabilidade, stresse, alergias, distúrbios digestivos, úlceras, falta de concentração, entre outros, prejudicam a saúde e o bom desempenho nas atividades profissionais(48).

Para *Gerges*(49), o primeiro efeito fisiológico de exposição a elevados níveis de ruído, é a perda de audição na faixa de frequências entre 4000 Hz e 6000 Hz. Normalmente o efeito é acompanhado pela sensação de perceção do ruído após o afastamento da fonte ruidosa. Este efeito é temporário e o nível original do limiar da audição é recuperado. Esta é a chamada Mudança Temporária do Limiar de Audição (MTLA) e qualquer redução na sensibilidade de audição é considerada como perda de audição.

A exposição contínua a altos níveis de pressão sonora pode acarretar: “Se a exposição ao ruído é repetida antes da completa recuperação, a perda temporária da audição pode tornar-se permanente não apenas nas frequências citadas, mas em frequências maiores e menores”(49).

A maior parte dos estudos relacionados com a temática do stresse no trabalho (ruído entre eles) tem como objetivo a avaliação de indicadores individuais (50), tais como, a pressão sanguínea, a frequência cardíaca, a respiração, o funcionamento gastrointestinal, as funções endócrinas, o tamanho das pupilas, mudanças na tensão muscular e fadiga(51).

Outros estudos, especialmente os orientados para trabalhadores com uma exposição crónica ao ruído, privilegiaram certos sintomas clínicos, como atrofia ou hipertrofia glandular, diminuição da resistência a doenças e anomalias no funcionamento sexual e reprodutivo(52).

Os sintomas psiquiátricos passam muito despercebidos por um tempo considerável, mas as consequências económicas são evidentes. Os estudos que avaliam o impacto dos transtornos mentais no trabalho demonstram o quanto é onerosa a patologia mental. Quando os pesquisadores classificaram as condições de saúde mais caras no ambiente de trabalho (incluindo os custos diretos e indiretos), classificada em primeiro lugar está a depressão, e a ansiedade está em quinto lugar juntamente com a obesidade, artrite, dores nas costas e no pescoço (50).

Os resultados são medidos em dias fora do trabalho (absenteísmo) e perda de produtividade "absentismo"(53).

A literatura sobre transtornos de saúde mental no trabalho sugere que os custos financeiros para as empresas poderiam ser menores se os trabalhadores que necessitam de tratamento psiquiátrico pudessem realmente recebê-lo (50).

Os autores de tais estudos aconselham empregados e empregadores a pensar em cuidados de saúde mental como um investimento como e não como custo(54).

Os sintomas de transtornos psiquiátricos, como depressão, transtorno bipolar, Transtorno do Deficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), e ansiedade, tendem a manifestar-se de forma diferente no ambiente de trabalho porque são frequentemente ocultados pelos trabalhadores (50).

Quando a depressão é tratada adequadamente, as empresas reduzem significativamente os acidentes de trabalho, os dias de afastamento pela doença e rotatividade de trabalhadores, bem como aumentam o número de horas trabalhadas e a produtividade dos trabalhadores (50).

Existem evidências de que o ruído poderá diminuir o desempenho nas atividades consideradas menos prioritárias quando os trabalhadores exercem múltiplas tarefas. A capacidade de memória e as atividades que requerem a utilização desta também são prejudicadas (50).

Algumas tarefas, tais como, vigilância e deteção, com requisitos ao nível da concentração, são influenciadas pela exposição ao ruído, com variações na hora do dia e com diferenças individuais(55).

Um dos efeitos do barulho facilmente notados é a sua influência sobre a comunicação oral. O barulho intenso provoca o mascaramento da voz (50).

Este tipo de interferência atrapalha a execução ou o entendimento de ordens verbais, a emissão de avisos de alerta ou perigo e pode ser causa indireta de acidentes(51).

O ruído interfere igualmente com a função de "recuperação" do sono com implicações na saúde em geral (50).

As repercussões a longo prazo das alterações do sono na eficácia dos trabalhadores merecem estudos longitudinais(52).

Existem efeitos posteriores à exposição, tais como, a redução na perseverança e mudanças no comportamento social, a fadiga e o aumento da irritabilidade, que podem estar associados à produção hormonal, nomeadamente a presença do cortisol na urina também pode produzir efeitos como uma menor tolerância à frustração, aumento da ansiedade, diminuição da incidência de comportamentos de ajuda, e aumento do risco de comportamento hostil em sujeitos experimentais(55)(56)(57).

O ruído pode trazer respostas de alteração clinicas e endocrinológicas. A exposição ao ruído de alta intensidade na indústria tem sido associada em alguns estudos para aumento dos níveis de noradrenalina e adrenalina, aumentando, no sangue, o fluxo de ácidos graxos e glicose, sendo observados distúrbios neurovegetativos, cefaleias, irritabilidade, instabilidade emocional, redução da libido, ansiedade, nervosismo, inapetência, sonolência e insónia (50).

Há também evidências de que o ruído pode ajudar a diminuir o processamento das pistas sociais, vistas como irrelevantes para o desempenho da tarefa (50). Pode aumentar a agressividade e a memória também pode ser prejudicada(54)(58).

1.4.8 Riscos de perda de audição

Este risco é definido na norma portuguesa NP-1733[30] como sendo, a diferença entre a percentagem de pessoas que apresentam diminuição da capacidade auditiva num grupo exposto ao ruído e a percentagem num grupo não exposto mas em condições equivalentes em todos os outros aspetos.

Sendo a capacidade nociva de um som, função da intensidade e duração, é possível, de forma matemática, fazer equivaler a energia nociva de vários sons diferentes. A equivalência faz-se, de forma simples, pelo princípio do fator de duplicação dos 3 dB(A), por exemplo: um som "A", embora tenha mais 3 dB(A) que o som "B", apresenta uma energia equivalente a este porque tem metade da duração(1).

[30] Norma Portuguesa NP-1733, estabelecida pela Portaria n.º 382/81, de 2 de abril de 1981, e estudada pelas Comissões Técnicas Portuguesas de Normalização de "Acústica" e "Segurança e Higiene no Trabalho", apresenta uma estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção de audição.

Recomenda-se que um trabalhador não deva estar exposto a ruído contínuo equivalente igual ou superior a 85 dB(A) durante 8horas/dia de trabalho, sendo proibido estar sujeito a um nível de ruído igual ou superior de 87 dB(A). O empregador é obrigado a assegurar, ao trabalhador que tenha estado exposto a ruído a partir dos 85 dB(A) inclusive (valor de ação superior), a verificação anual da função auditiva, bem como a realização de exames audiométricos, a munir os trabalhadores de meios de proteção individual (auscultadores ou tampões) e fazer formação aos trabalhadores. Os locais de trabalho onde estes trabalhadores exercem a sua atividade profissional devem estar sinalizados de acordo com a legislação aplicável à sinalização de segurança e saúde, ser delimitados e de acesso restrito, sempre que tecnicamente possível e o risco de exposição o justifiquem(59).

Por outro lado, de acordo com o Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, que aprova Regulamento Geral do Ruído, a instalação e o exercício de atividades ruidosas permanentes em zonas mistas, nas envolventes das zonas sensíveis ou mistas ou na proximidade dos recetores sensíveis isolados estão sujeitos, para além dos valores limite fixados no seu artigo 3.º, ao cumprimento do critério de incomodidade, considerado como a diferença entre o valor do indicador do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da atividade ou atividades em avaliação e o valor do indicador do ruído residual, diferença que não pode exceder 5 dB(A) no período diurno «07h às 20h», 4 dB(A) no período do entardecer «20h às 23h» e 3 dB(A) no período noturno «23h às 07h».

1.4.9 Exposição ao ruído

Os níveis de ruído continuam a exceder regularmente os valores-limite em muitos setores, como: agricultura, construção, engenharia, indústria alimentar e bebidas, transformação da madeira, fundição ou entretenimento. Os artesãos, os trabalhadores especializados, os trabalhadores agrícolas e os membros das forças armadas estão geralmente expostos a elevados níveis de ruído. Em alguns setores, as mulheres podem estar bastante expostas a um elevado nível de ruído. A percentagem de mulheres que dizem estar expostas ao ruído é muito mais elevada nos novos Estados-membros do que na UE-15. Na República Checa, por exemplo, 75% dos trabalhadores do setor têxtil que estão expostos ao ruído são do sexo feminino, seguido pelo setor alimentar com uma percentagem de 50%. A exposição a um elevado nível de ruído estará também a afetar um número crescente de trabalhadores jovens. De acordo com os resultados dos inquéritos da Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho[31], os trabalhadores em programas de aprendizagem ou noutros programas de formação comunicaram mais problemas de audição em 2000 do que em 1995, tornando-se necessário dar especial atenção à formação dos jovens trabalhadores, abordando mais especificamente os seus problemas de saúde(13).

1.4.10 Universo de pessoas em risco

Qualquer pessoa exposta ao ruído está potencialmente em risco. Naturalmente, quanto mais elevado for o nível do ruído e mais prolongada a exposição, maior é o risco de sofrer danos causados pelo ruído(60).

[31] A Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho (*EUROFOUND*) é um órgão tripartido da União Europeia, instituído em 1975 no intuito de contribuir para a planificação e o estabelecimento de melhores condições de vida e de trabalho na Europa. Mais em concreto, avalia e analisa as condições de vida e de trabalho, dá pareceres autorizados e conselhos aos responsáveis e principais agentes da política social, contribui para a melhoria da qualidade de vida e informa sobre as evoluções e as tendências, em especial as que provoquem mudanças.

O ruído é identificado pelos trabalhadores do setor da educação de vários Estados-membros como um problema, tendo as perturbações da voz um impacto significativo nas taxas de absentismo dos professores. O nível de exposição ao ruído nas salas de aula recomendado pelas orientações da OMS é de 35 dB(A). Porém, o nível efetivo de ruído nos estabelecimentos de ensino pode atingir 60-80 dB(A) em aulas normais, podendo inclusive ultrapassar os valores-limite estabelecidos para os locais de trabalho, nas oficinas e nas instalações desportivas das escolas. Medições efetuadas em salas de aula revelaram condições acústicas que permitiam compreender menos de metade do que era dito. A importância da voz como instrumento profissional está também a aumentar, com o desenvolvimento das tecnologias ativadas pela voz e com o aumento do número de centros de atendimento telefónico, em que as exigências vocais são grandes(13).

Sintomas relatados entre os trabalhadores industriais regularmente expostos a níveis elevados de ruído em ambientes como escolas, fábricas e companhias aéreas, incluem náuseas, dores de cabeça, alterações no humor e ansiedade, inquietação, noites agitadas, tensão e nervosismo. A exposição crónica ao ruído de aeronaves diminuiu a motivação em crianças expostas(61)(62). A exposição ao ruído causa perturbações no sono e distúrbios proporcionalmente à quantidade de ruído (tempo e intensidade)(57)(63)(64). Quanto à afetação dos efeitos do ruído na área infantil, em estudos sobre crianças da escola primária expostas ao ruído ambiental registou-se diminuição do desempenho cognitivo(65)(66)(67). Entretanto, os efeitos do ruído não foram encontrados uniformemente a todas as funções cognitivas. As investigações sugerem que a exposição crônica ao ruído afeta as funções cognitivas envolvendo a central de processamento e compreensão da linguagem. Deficits foram encontrados em atenção sustentada e atenção visual (50).

Na indústria transformadora e mineira, 40% dos trabalhadores estão sujeitos a níveis de ruído significativos durante mais de metade das horas de trabalho. No setor da construção, esta percentagem é de 35% e muitos outros setores, 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 setores de prestação de serviços, como é o caso da educação e dos profissionais de saúde, bem como dos bares e restaurantes(60)

Um estudo ao ruído nos jardins-de-infância detetou níveis médios de ruído superiores a 85 dB. Durante uma performance de “O Lago dos Cisnes”, o registo do ruído a que o chefe de orquestra esteve exposto acusou os 88 dB. Por exemplo, os camionistas podem estar expostos a um nível de ruído de 89 dB, os trabalhadores em clubes noturnos a aproximadamente 100 dB e nas explorações suínas podendo atingir os 115 dB(60).

Um dos riscos mais significativos enfrentado pelos jovens trabalhadores é o ruído. Muitos locais de trabalho encontram-se expostos a níveis elevados de ruído por períodos prolongados, o que pode causar danos permanentes à sua audição, desenvolver stresse e ânsia, aumentar o risco de ocorrência de acidentes, e causar uma série de outros problemas de saúde como pressão arterial elevada. A perda auditiva é uma das doenças ocupacionais mais comuns, e que são particularmente vulneráveis como uma pessoa jovem(68).

Um estudo sobre o efeito da exposição prolongada a ruído ocupacional na função respiratória de trabalhadores da indústria têxtil(69), procurou detetar eventuais alterações da função respiratória em 28 operárias de uma fábrica de fiação, submetidas a uma exposição prolongada ao ruído (> 10 anos) com amplitude elevada e baixa frequência, suscetível de causar doença vibroacústica (DVA).

Foram realizados testes da função respiratória, incluindo espirometria, oscilometria de impulso e estudo da capacidade de difusão alvéolo-capilar pelo monóxido de carbono. Os resultados foram comparados com os de outra população de igual número de mulheres, do mesmo grupo etário, consideradas normais no aspeto respiratório, com cargos administrativos, não sujeitas a agressão acústica detetável(69).

Os trabalhadores da indústria têxtil estão cronicamente expostos a ruído de baixa frequência e alta amplitude. Dentro dos efeitos nocivos que esta agressão acarreta incluem-se alterações na capacidade reprodutora das mulheres (aumento da irregularidade dos ciclos menstruais, dismenorreia, lumbago, hipertensão na gravidez, abortos espontâneos e prematuros e distocias e baixo peso dos recém-nascidos), hipertensão arterial e aumento do nível de cortisol excretado associado a fadiga e irritabilidade(70)(71).

Estes indivíduos apresentam também uma grande prevalência de queixas do foro respiratório que são normalmente associadas apenas à inalação de poeiras de algodão(72)(73)(74)(75).

As alterações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na população de risco foram do Débito Expiratório Máximo DEM 25 (curva débito/ volume), R5 e Δ R5-R20 (oscilometria de impulso). Verificou-se, igualmente, em 12 operárias (36%), uma dependência de *Rrs* em função da frequência oscilométrica, neste caso elevação da resistência em frequências mais baixas *(Rrs5),* sugerindo atingimento das vias aéreas periféricas. Não foram detetadas alterações do tipo restritivo ou da transferência alvéolo-capilar em repouso(69).

O conjunto destas alterações permite deduzir, com alguma pertinência, existência de alterações das vias aéreas de menor calibre nesta população de trabalhadoras da indústria têxtil. No entanto, não se pode garantir a exclusão do papel das poeiras de algodão como agente etiológico nas alterações detetadas, potencializado pela redução das células ciliadas provocadas pelo ruído e consequente redução da clearance das vias aéreas(69).

Os resultados de um estudo(76), que teve como objetivo investigar e sumarizar a distribuição da exposição ao ruído e do uso do equipamento de proteção auditiva entre trabalhadores da indústria de transformação no Brasil, revelaram uma lacuna nas informações acerca da exposição ao ruído relativa a praticamente metade dos ramos de atividade da indústria de transformação no Brasil. De entre os ramos de atividade com informação, a exposição ao ruído atinge no mínimo 45% dos trabalhadores empregados. O nível de pressão sonora excede 85dB em todos os ramos, e alcança 126 dB(A) na indústria madeireira.

São escassas as informações sobre a proporção de trabalhadores que utilizam o equipamento de proteção auditiva, com ampla variação entre os ramos. Destaca-se o ramo da fabricação de produtos de madeira, com evidências de não disponibilização do equipamento aos trabalhadores, situação agravada por apresentar o maior nível de intensidade de ruído, e também a maior prevalência de trabalhadores expostos(76).

A ausência do número total de trabalhadores por indústria na produção científica foi um problema comum, e por isso deve ser reforçada a importância dessa prática, que contribui para a estimativa da prevalência da exposição ao ruído em diferentes ramos de atividade. Novas pesquisas sobre o tema serão necessárias, em especial com enfoque nas condições de trabalho e na proteção auditiva dos trabalhadores em ramos de atividade sobre os quais não existem informações(76).

1.5 Caracterização do Som

O que habitualmente se designa por som não é senão uma sensação provocada no cérebro devida à captação, pelo sistema auditivo, de alterações de pressão que se propagam no ar (ou noutro meio elástico), consistindo em ondas de compressão seguidas de dilatação ou refração(77).

O som, enquanto transmissão de energia em meio elástico, é um dos fenómenos da natureza mais intimamente ligado às pessoas, como a visão, o tato, etc. Pode ser entendido como uma variação de pressão muito rápida que se propaga, sob a forma de ondas, num meio elástico, Figura 32. Em geral, é causado por uma vibração de um corpo elástico (fonte emissora, por exemplo um instrumento), o que gera uma variação de pressão correspondente no meio à sua volta (meio propagador, por exemplo o ar), até ser recebido por um sistema que descodifica estas variações (recetor, por exemplo o nosso aparelho auditivo). Dito de outra forma, o som pode ser entendido como uma onda mecânica que vai comprimindo e esticando o meio por onde viaja(78).

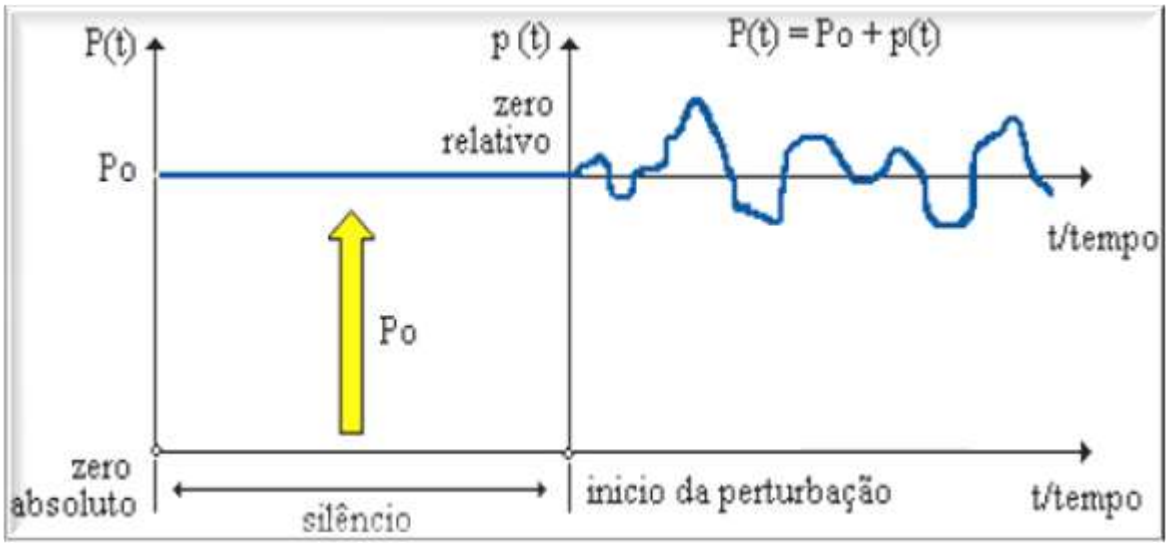


Figura 32 – Variações de pressão produzidas por uma perturbação sonora

(Fonte: Jorge Semião, 2005)

Mas o ar não é o único meio de propagação, nem o mais adequado. Quanto mais denso for o meio, mais juntas estão as moléculas e maior a probabilidade de propagar a vibração de cada molécula (o som não se propaga no vácuo, ao contrário das ondas eletromagnéticas). Por isso, um objeto sólido é melhor transmissor de som que um líquido e este melhor transmissor que um gás. Por exemplo, no ar, o som atinge a velocidade de propagação de 340 metros por segundo, na água (a 2º C) pode chegar aos 1493 m/s e no aço atinge 5200 m/s(78).

Vejamos o exemplo de um cone de altifalante que se movimenta para a frente e para trás, produzindo sucessivos pulsos de compressão e rarefação de ar, Figura 33. A energia propaga-se em forma de onda longitudinal. Nestas ondas a propagação dá-se na mesma direção da força aplicada que o produziu, diferenciando-se das ondas transversais que produzem movimentos perpendiculares à direção de propagação, como por exemplo as ondas do mar. Primeiro, o cone empurra uma camada de ar para a frente comprimindo-a, aumentando a sua densidade e temperatura. Na volta, obviamente, ocorre o contrário, o que causa a diminuição dessas duas grandezas(78).

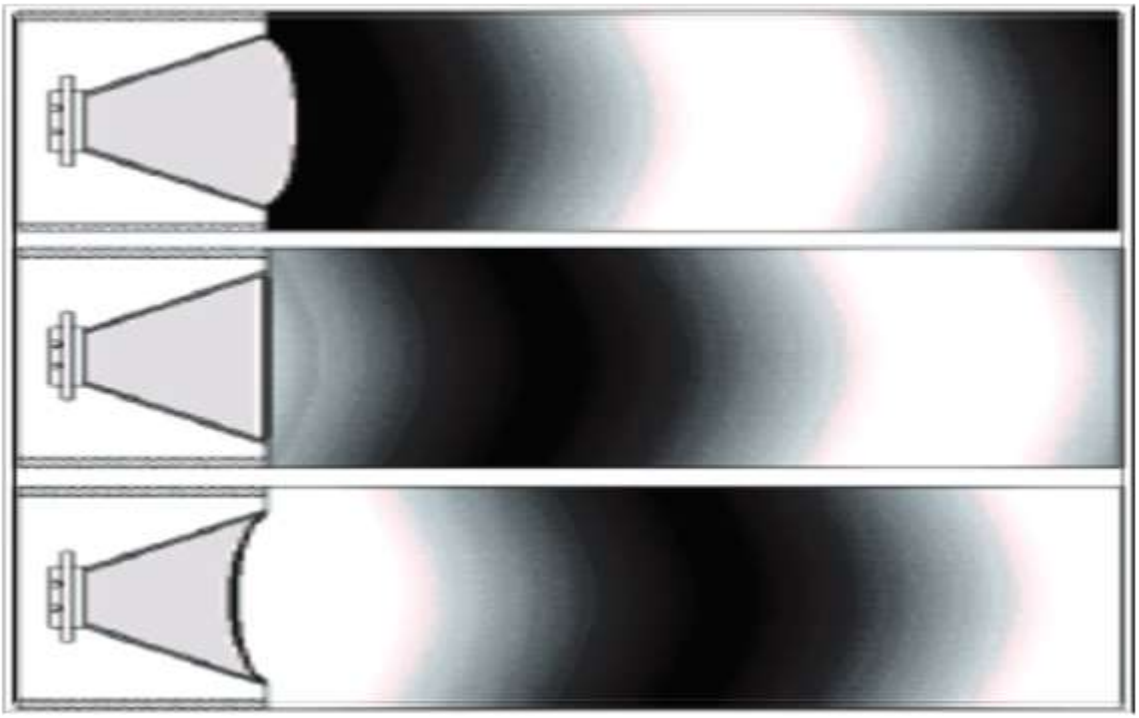


Figura 33 – Funcionamento de um cone de altifalante

(Fonte: Jorge Semião, 2005)

Como no movimento de ida, a pressão nessa camada de ar é maior que nos arredores e as suas moléculas tendem a empurrar as moléculas das camadas vizinhas, que vão transmitindo a sua influência às diversas camadas adjacentes e subsequentes (ver exemplo da Figura 34, que faz a analogia com esferas ligadas por molas)(78).

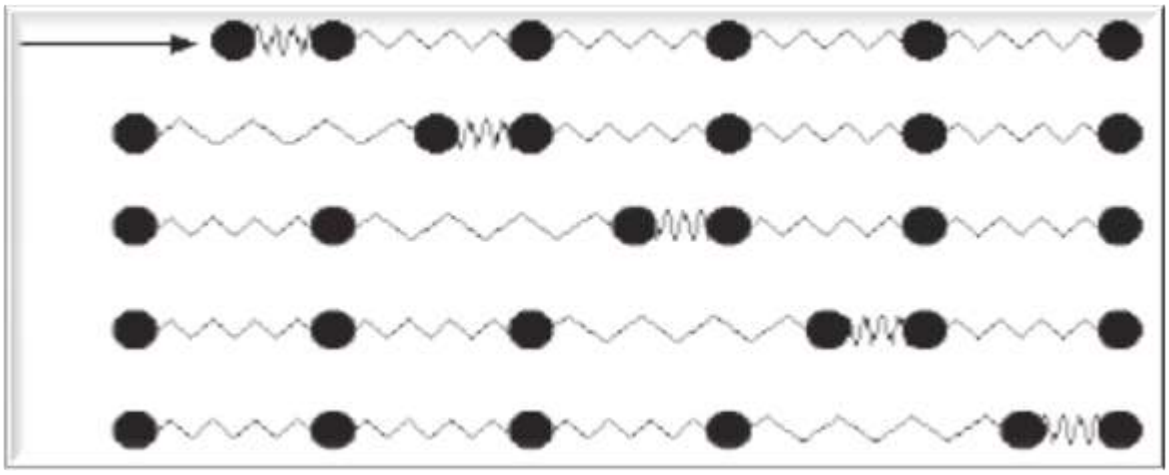


Figura 34 – Esferas ligadas por molas podem exemplificar o comportamento das moléculas de um meio, quando perturbadas por um som

(Fonte: Jorge Semião, 2005)

A sucessão dessas zonas comprimidas e rarefeitas do ar forma um movimento ondulatório (a onda sonora pode ser representada num gráfico bidimensional, onde o eixo horizontal representa a passagem do tempo e o vertical a variação de pressão num determinado ponto do meio, como na Figura 35). Este movimento é recebido pelos nossos ouvidos, graças a uma fina e sensível membrana interna do nosso ouvido, o tímpano, o responsável maior pela nossa audição(78).

Assim, a nossa perceção do som existe apenas quando estas perturbações no meio físico (variações de pressão no ar, por exemplo) agem sobre o sistema auditivo, desencadeando um complexo processo percetivo, com diversos estágios que vão do ouvido externo ao córtex cerebral. Mas, para que possamos perceber o som, é necessário que as variações de pressão que chegam aos nossos ouvidos estejam dentro de certos limites de rapidez e intensidade(78).

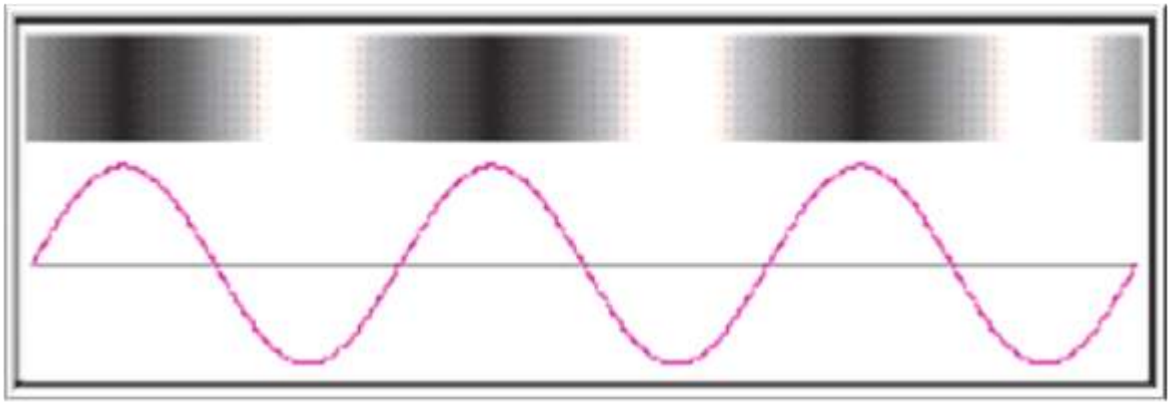


Figura 35 – Movimento ondulatório

(Fonte: Jorge Semião, 2005)

Se essas variações ocorrem entre 20 e 20000 vezes por segundo (sons com frequências entre 20 Hz e 20 kHz), esse som é potencialmente audível, ainda que a variação de pressão seja de alguns milionésimos de *Pascal*. Na realidade, a capacidade de perceção de frequências muda com o processo do envelhecimento. Por exemplo, uma criança saudável possui o limiar agudo audível de 20 kHz, mas com cerca de 20 anos, esse limiar pode ter caído para perto de 16 kHz e cairá até cerca de 8 kHz no final da sua vida. Para frequências inferiores a 20 Hz, trata-se de infrassom indetetável. Acima dos 20 kHz, também não conseguimos ouvir e são os ultrassons. Os outros animais apresentam níveis diferentes de audição: o cão ouve entre os 50 Hz e os 45 kHz, o gato entre os 50 Hz e os 85 kHz, os golfinhos podem chegar aos 200 kHz e os elefantes podem detetar infrassons até 5 Hz(78).

Naturalmente, também existem limites de audibilidade para a intensidade sonora. A intensidade sonora representa o fluxo de energia (*Watt*) por unidade de área (m²), ou W/m². Para uma frequência de 1000 Hz, esses limites vão de $I_{ref} = 10^{-12}$ W/m² (limiar de audibilidade) a 1 W/m² (limiar de dor). Todavia, numericamente, a referência aos valores em W/m² não é confortável, por isso foi introduzida uma razão de compressão logarítmica, o decibel (dB), em que se toma o limiar de audibilidade como referência: $dB = 10.log_{10}(I/I_{ref})$. Nesta escala, e para uma frequência de 1000 Hz, os limiares de audibilidade e de dor tomam os valores respetivos de 0 dB e 120 dB(78).

1.5.1 Pressão sonora e nível de pressão sonora

A intensidade das vibrações sonoras ou das variações de pressão que lhes estão associadas, exprime-se em *Newton* por metro quadrado ($N.m^{-2}$) ou *Pascal* e designa-se por Pressão Sonora. A medida da pressão sonora numa escala linear é contudo impraticável, pois compreende cerca de 1 milhão de unidades. Com efeito, o limiar da audibilidade a 1000 Hz é provocado por uma pressão de 20 µPa (micro *Pascal*), enquanto o limiar da dor ocorre a uma pressão de 100 Pascal, conforme indicado na Figura 36. Além disso, o ouvido não responde linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente (2).

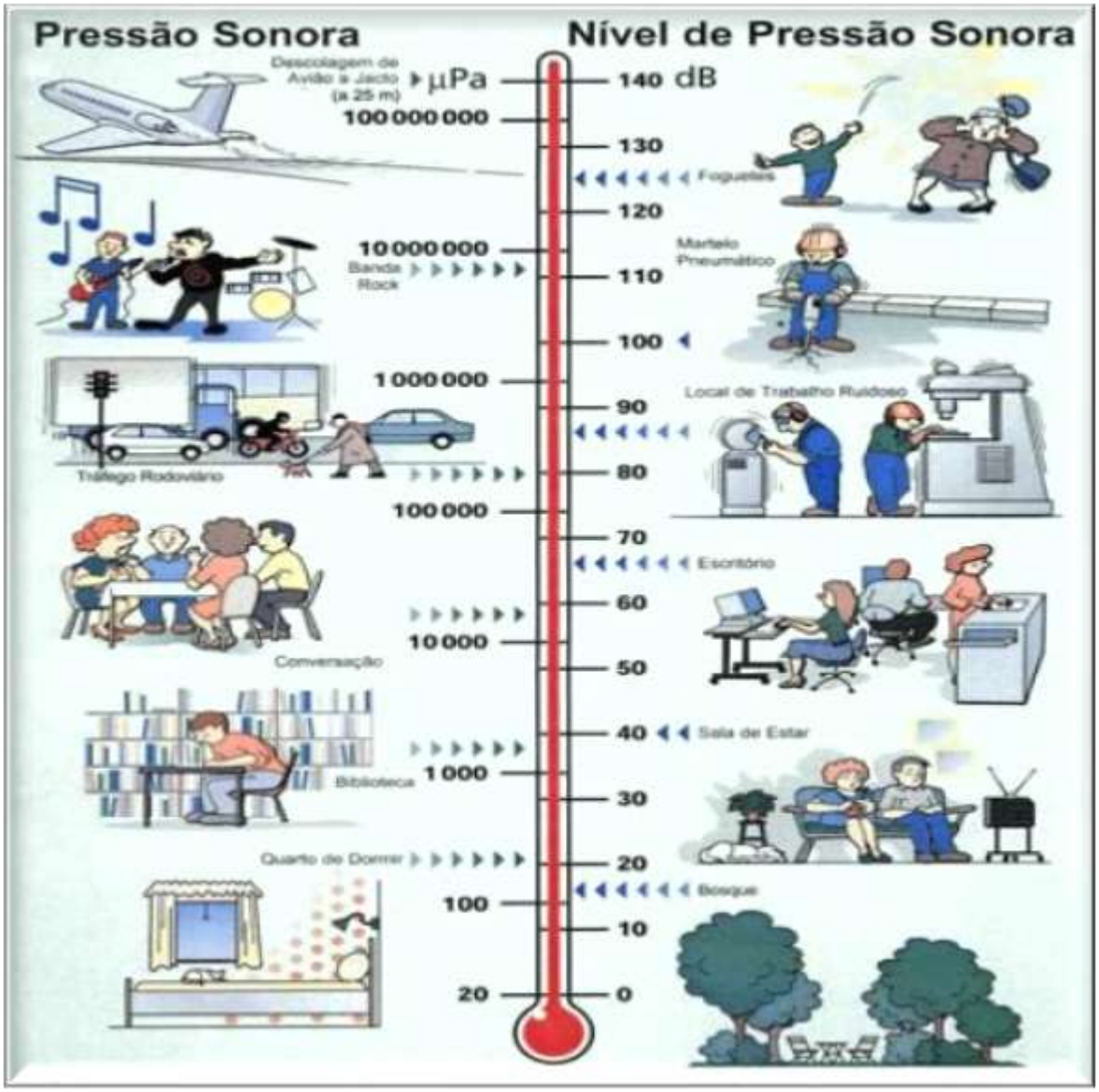


Figura 36 – Comparação entre escalas de pressão sonora e níveis de pressão sonora

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 2007)

Por estas razões, as medidas dos parâmetros acústicos são feitas numa escala logarítmica expressa em decibel (dB). O decibel é, por definição, o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado e corresponde praticamente à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição. Desta forma, a medida dos parâmetros acústicos é realizada segundo uma escala logarítmica, expressa em decibel (dB), e o nível de pressão sonora L_p é, segundo a Equação [**1**], assim calculado (2).

$$L_p = 10.log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 = 20.log\frac{p}{p_0} \qquad [1]$$

Onde,

p – valor eficaz da pressão sonora (raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores instantâneos da pressão sonora)

p_0 – pressão sonora de referência = 2.10^{-5} Pa

1.5.2 Energia de uma onda sonora

A energia de uma onda sonora não está concentrada num único ponto no espaço nem é estática, viajando ao longo do tempo pelo espaço pela onda sonora. Na Figura 37 representa-se uma fonte sonora que está a emitir com uma potência *P*. Se essa potência sonora for emitida uniformemente em todas as direções (isto é, isotropicamente), então pode calcular-se a Intensidade da pressão sonora a uma dada distância *r* da fonte através da Equação **[2]**(79):

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \qquad [2]$$

Onde,

P – energia por unidade de tempo, 1 W = 1 J/s

r – distância da fonte sonora (metros)

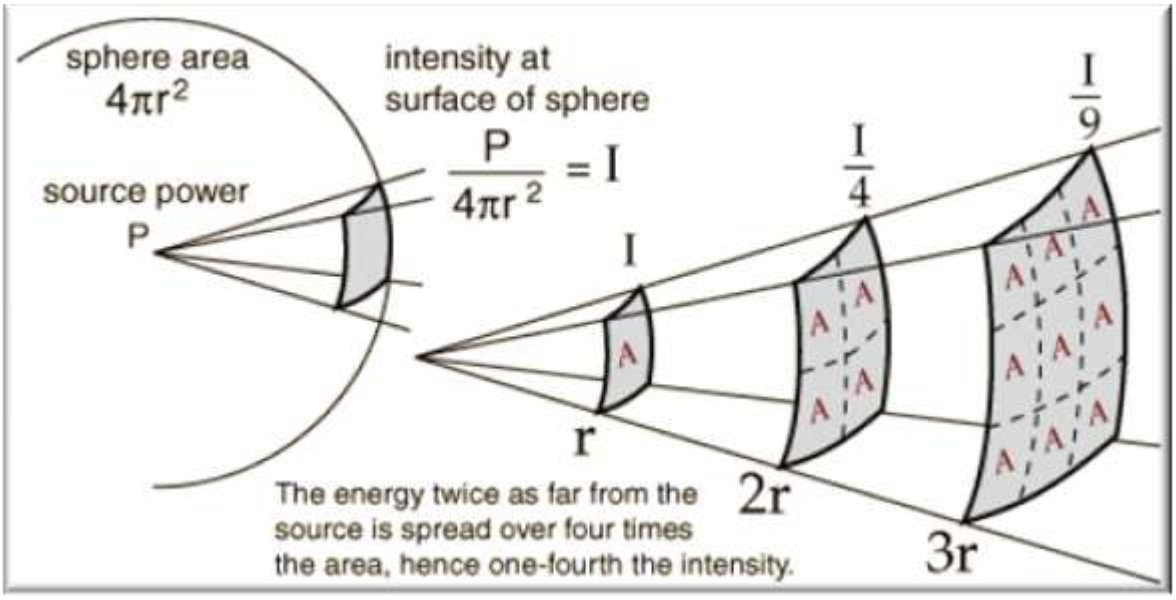


Figura 37 – Lei do inverso quadrado

(Fonte: *Carl Rod Nave*, 2000)

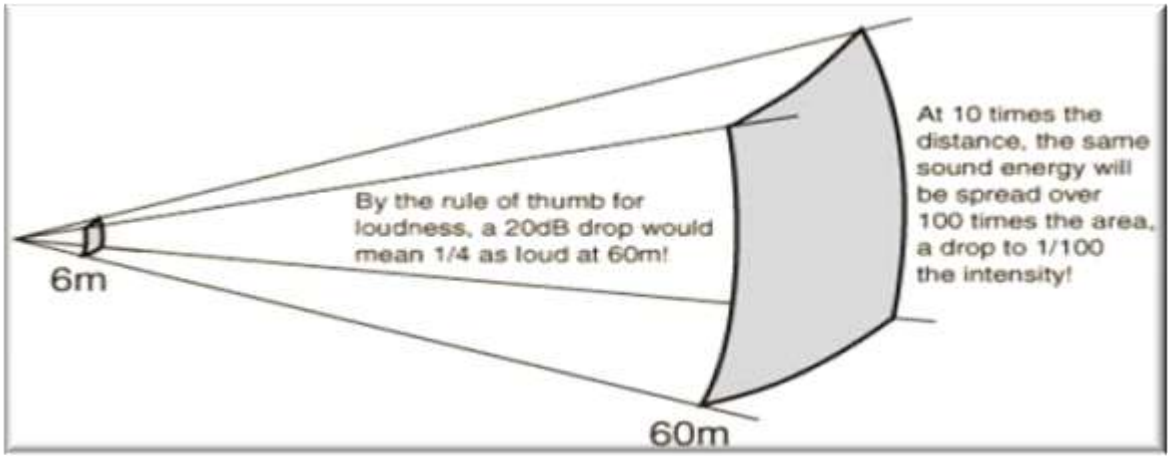


Figura 38 – Energia de uma onda sonora ao longo do espaço

(Fonte: *Carl Rod Nave*, 2000)

Para chegar a esta expressão basta pensar que a potência é distribuída pela superfície de uma esfera de raio *r* centrada na fonte, e que a área dessa esfera é $4\pi r^2$. Esta expressão quer dizer que a intensidade diminui com o inverso do quadrado da distância à fonte. Por exemplo, se à distância de 1 m tivermos 10 W/m², então à distância de 2 m (dobro, 2×) termos uma intensidade de 10/22 = 2.5 W/m² (a quarta parte = "inverso do dobro ao quadrado")(79).

À distância de 10 m, teremos uma potência de 10/10² = 0.1 W/m² (a uma distância 10 vezes maior corresponde uma intensidade 100 menor), Figura 38. Considerando então a intensidade medida a duas distâncias diferentes, *r1* e *r2*, tem-se a Equação [3] e a Equação [4](79):

$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \quad [3]$$

$$I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2} \quad [4]$$

Pelo que, Equação [5]:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \quad [5]$$

Relacionando isto com a intensidade em dB, obtém-se, Equação [6]:

$$I_2(dB) = 10log\frac{I_2}{I_0} = 10log\frac{I_2}{I_1}\frac{I_1}{I_0} = 10log\frac{I_2}{I_1} + 10log\frac{I_1}{I_0} = 10log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 + I_1(dB) = 20log\frac{r_1}{r_2} + I_1(dB) \quad [6]$$

Em suma, Equação [7]:

$$I_2(dB) - I_1(dB) = 20log\frac{r_1}{r_2} \quad [7]$$

Assim, se a distância passar para o dobro, o nível de intensidade varia em -6 dB, Equação [8]:

$$I_2(dB) - I_1(dB) = 20log\frac{1}{2} = -6 \quad [8]$$

Portanto o nível de intensidade diminui de 6 dB em cada vez que se duplica a distância a que se recebe o som. Note-se que neste raciocínio não é preciso saber o nível de intensidade sonora inicial (32).

1.5.3 Potência e intensidade sonora

A potência sonora (*P*) é uma característica intrínseca e de valor fixo da fonte sonora, corresponde à energia total que num segundo atravessa uma esfera imaginária, de raio qualquer, centrada na fonte, medindo-se em *Watt* (W)(10).

A intensidade sonora (*I*) é, para uma dada direção (grandeza vetorial), a quantidade média de energia que atravessa por segundo uma área de 1 m², normal a essa direção (medida em W/m²), sendo a relação entre estas duas grandezas e a pressão sonora dada pela Equação [9](10).

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho . c} \quad [9]$$

Onde,

I e *p* - representam o valor eficaz da intensidade e pressão sonora, respetivamente.

P – potência sonora (W)

r – distância à fonte sonora (m)

ρ - massa volúmica do ar (kg/m³)

c – celeridade (velocidade de propagação das ondas sonoras – m/s)

Resumindo, a potência sonora (*P*) caracteriza a fonte, enquanto a pressão sonora (*p*) caracteriza o seu efeito num determinado ponto, distanciado (*r*) dessa mesma fonte. De forma análoga que para a pressão sonora e respetivo valor do nível de pressão sonora, o nível de potência sonora (L_w) e o nível de intensidade sonora (L_I) calculam-se através da Equação [10] e da Equação [11], respetivamente(10).

$$L_w = 10 . log \frac{P}{P_0} \quad [10]$$

Onde,

P – valor da potência sonora, em dB

P_o – potência sonora de referência = 10^{-5} W

$$L_I = 10 . log \frac{I}{I_0} \quad [11]$$

Onde,

I – valor eficaz da intensidade sonora, em dB

I_o – intensidade sonora de referência = 10^{-12} W/m²

1.5.4 Aritmética dos níveis de pressão sonora

Em virtude da utilização de uma escala logarítmica, a soma L_{total} dos níveis (L_i) (quaisquer que sejam) não se realiza de forma algébrica mas sim através da Equação [12](10).

$$L_{total} = 10 . \log \left(\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 . Li} \right) \quad [12]$$

Onde,

L_i – níveis de pressão sonora, em dB

1.6 Anatomia e Fisiologia da Audição

O órgão da audição é o ouvido, o qual funciona também como órgão sensorial do equilíbrio, pelo que, em determinadas ocasiões, as perturbações na audição e no equilíbrio estão relacionadas. O ouvido é um órgão bilateral, podendo ser dividido em 3 áreas anatómicas, Figura 39(10):

- ✓ Ouvido externo (função: transmissão das ondas sonoras);
- ✓ Ouvido médio (função: transmissão das ondas sonoras);
- ✓ Ouvido interno (função: perceção das ondas sonoras).

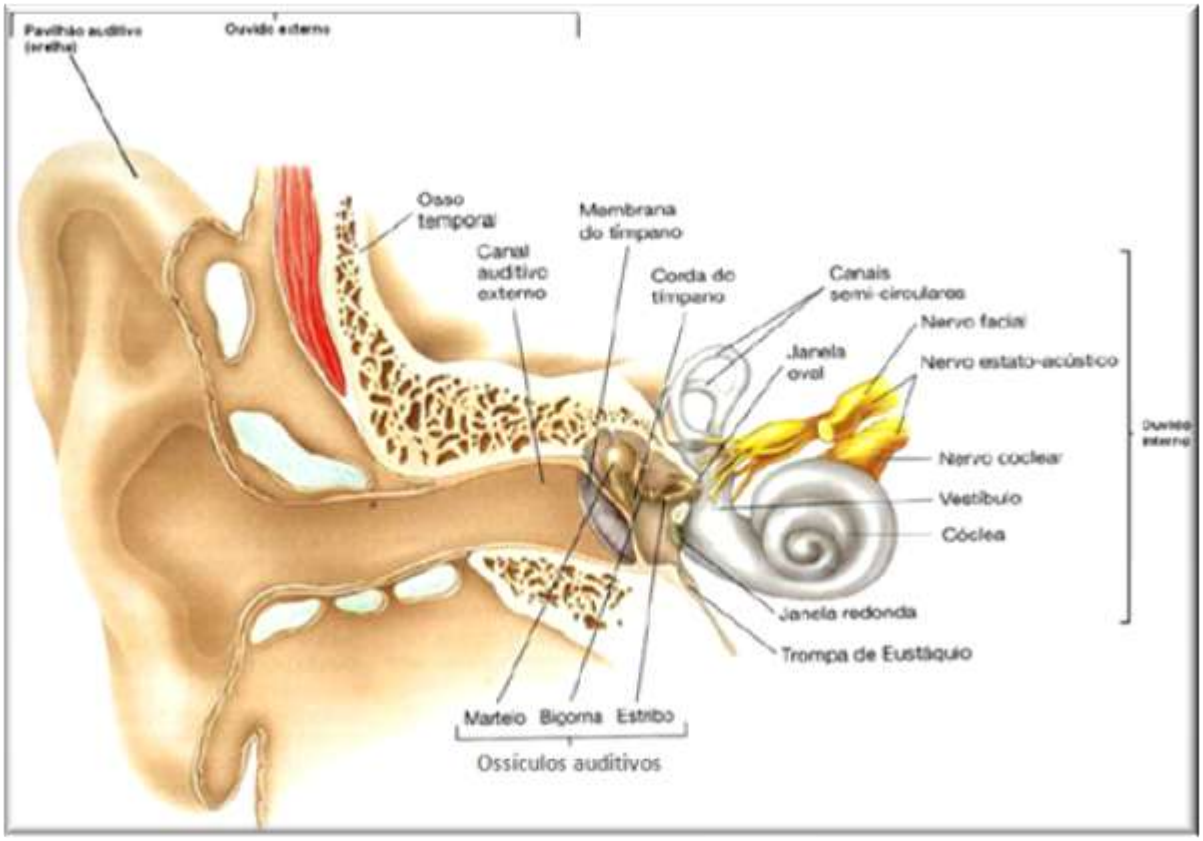


Figura 39 – Ouvido externo, ouvido médio, ouvido interno

(Fonte: *Rod Seeley*, 2007)

1.6.1 Ouvido externo

O ouvido externo é formado pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo e a sua principal função é a de "recolher" e encaminhar as ondas sonoras até ao ouvido médio. O pavilhão auricular, devido ao seu formato especial, consegue orientar o som segundo a origem da fonte(80). No Canal Auditivo Externo (CAE) entra o som proveniente do exterior, que é conduzido até à membrana timpânica, devido à sua ressonância natural que provoca uma amplificação de cerca dos 8 dB na frequência dos 3500 Hz(81).

Graças ao seu formato em "S", existe uma reflexão das ondas sonoras nas suas paredes que contribui na proteção do aparelho auditivo em presença de sons de alta intensidade. Mas a função primordial do CAE é proteger a membrana timpânica que se encontra na sua profundidade e manter um equilíbrio de temperatura e humidade essenciais à preservação da elasticidade da membrana timpânica(80).

Constituído pelo pavilhão auditivo (orelha) – de estrutura cartilaginosa - é responsável pela receção das ondas sonoras e pela condução destas ao canal auditivo externo, o qual atua como ressoador. Na extremidade desde canal encontra-se o tímpano, uma membrana com forma cónica. Ao ser estimulada pelas flutuações da pressão sonora, vibra, transmitindo essas vibrações ao ouvido médio(10).

1.6.2 Ouvido médio

O ouvido médio estabelece a ligação entre o ouvido externo e o interno. É uma cavidade bastante pequena alojada no osso temporal e recoberta por mucosas, na qual se alojam os ossículos – martelo, bigorna e estribo. O cabo do martelo encontra-se sobre a superfície interior do tímpano, o qual, ao vibrar, transmite esta energia à bigorna e ao estribo, multiplicando por 3 a pressão recebida. A base do estribo está fixa à membrana que separa o ouvido médio do ouvido interno, a janela oval, cuja vibração produz um efeito pistão que atua sobre os líquidos do ouvido interno(10).

Os ossículos estão unidos à cavidade por uma série de ligamentos e músculos, comunicando a cavidade com a laringe através da trompa de *Eustáquio*, permitindo igualar da pressão interna com a pressão exterior e consequentemente em ambas as faces da membrana do tímpano. O ouvido médio tem portanto uma função multiplicadora, uma vez que a pressão inicial num meio aéreo (ouvido externo) se reduziria de forma significativa ao passar a um meio aquoso (ouvido interno), sendo fundamental compensar essa perda(10).

O ouvido médio tem como principal função a transmissão da onda sonora, e desempenha ainda o papel de um transdutor de energia, transformando assim as vibrações sonoras aéreas com grande amplitude e pouca força em vibrações sonoras líquidas com uma amplitude pequena e de grande força. A tensão da membrana timpânica, Figura 40, assegurada pela sua camada de fibras proporciona boas condições vibratórias, esta vibra como um todo sensivelmente até aos 3000 Hz(80). A partir desta frequência o padrão de vibração da membrana é partido em segmentos que vibram de forma diferente(82).

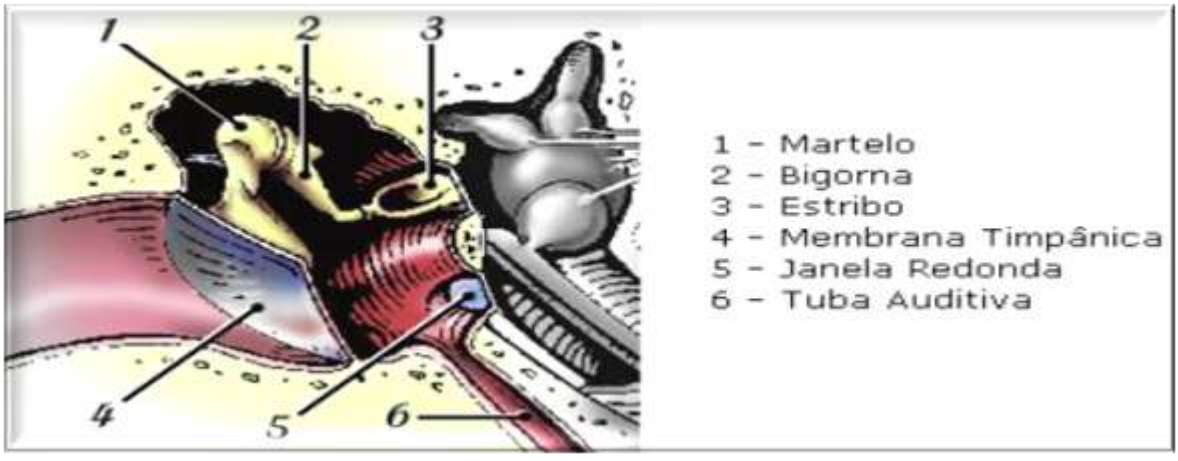


Figura 40 – Ouvido médio

(Fonte: *CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire*, 2003)

A membrana do tímpano funciona por pressão, recebendo as vibrações acústicas de um lado, transmitindo-as por sua vez à cadeia ossicular, Figura 40, desempenhando ainda a função que consiste num "anteparo protetor" da janela redonda, de modo a que as ondas sonoras atinjam esta janela com uma pressão acústica reduzida ao mínimo e numa oposição de fase em relação às ondas sonoras que chegam à janela oval(80).

É a cadeia ossicular que permite que exista ligação entre a membrana do tímpano e a base do estribo, articulada no contorno da janela oval. A relação existente entre o tímpano e a cadeia ossicular desempenha um papel de um equalizador de impedâncias. Existe uma barreira entre o ouvido médio e o ouvido interno, porque se dá a passagem de um meio gasoso para um meio líquido. As vibrações sonoras originadas no meio atmosférico são refletidas ao encontrarem o meio líquido, perdendo uma grande parte da sua energia(80).

Por este facto, existe um mecanismo transdutor que tem a função de igualar esta diferença de impedância. Este mecanismo é considerado uma das principais funções do ouvido médio, sendo constituído por dois fatores: o efeito de alavanca do bloco martelo-bigorna que vibra em conjunto, em torno de um eixo de rotação, que chega com uma relação aumentada à janela oval de 2,5 dB. O outro fator é a relação hidráulica entre a área de vibração útil da membrana timpânica e a platina do estribo, uma vez que as ondas sonoras incidem numa superfície ampla da membrana timpânica comparada com a área da platina do estribo, devido a este facto há um aumento de 26 dB(80).

A cadeia ossicular representada na Figura 40, estabelece um sistema de condução e de amplificação da energia sonora captada pela membrana timpânica(81). A tuba auditiva, Figura 40, funciona como a ventilador do ouvido médio e o vazador das secreções(82).

1.6.3 Ouvido interno

O ouvido interno está dividido do ponto de vista anatómico em 3 partes: o vestíbulo, os canais semicirculares e a cóclea, Figura 41(10).

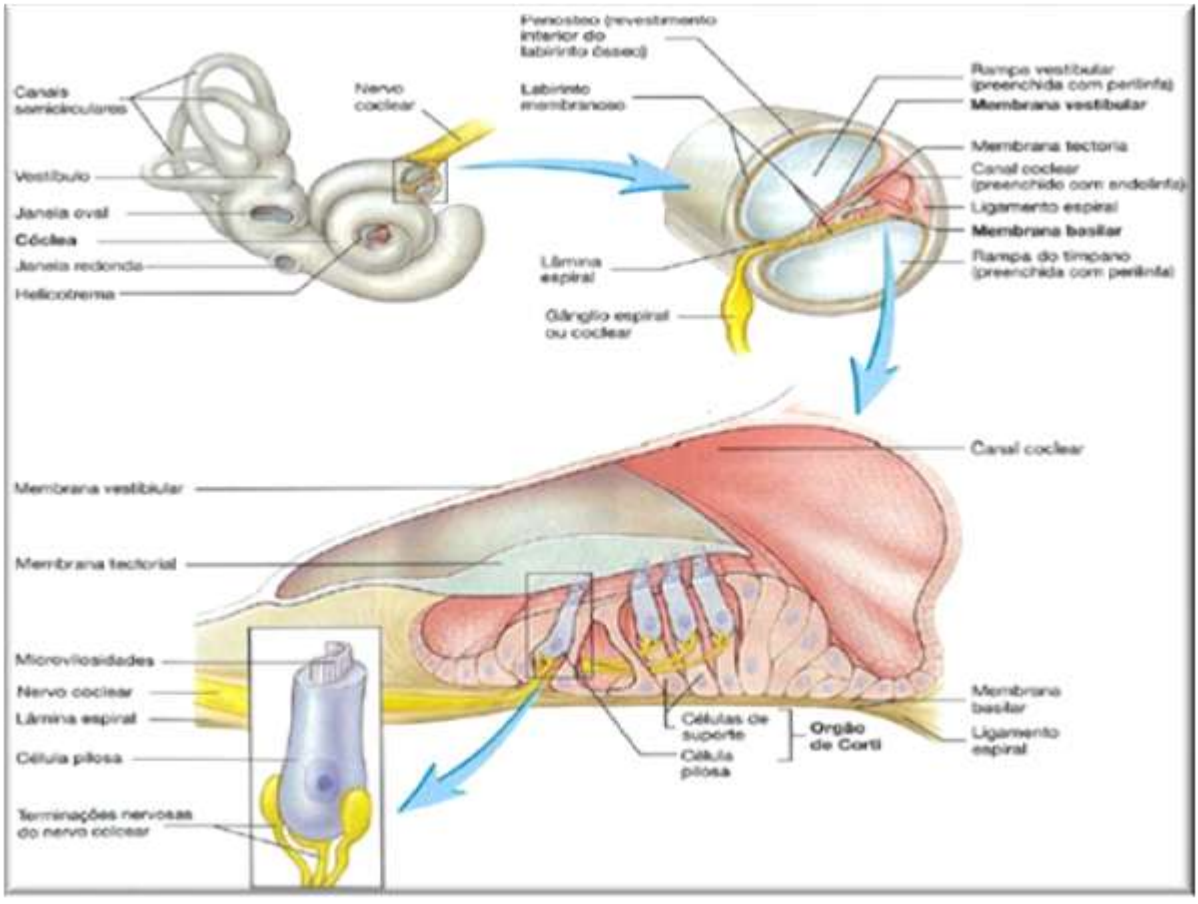


Figura 41 – Ouvido interno, estrutura da cóclea

(Fonte: *Rod Seeley*, 2007)

O órgão responsável pela perceção auditiva é a cóclea, um canal de paredes ósseas enrolado em forma de espiral (ou caracol), cuja secção transversal está dividida em 3 canais ou compartimentos – rampa vestibular (canal superior), rampa timpânica (canal inferior) e canal coclear de secção triangular (situado entre as rampas). É no canal coclear que se encontra o órgão de *Corti*, que contém as células ciliadas ou sensoriais que se sustentam sobre a membrana basilar. Esta, ao vibrar, induz um movimento em cizalha das células ciliadas com a membrana tectoria (que permanece imóvel), transformando o estímulo mecânico numa excitação neuronal(10).

Dentro da porção petrosa do osso temporal encontra-se a cóclea (que é o órgão periférico da audição) e o vestíbulo (que é o órgão periférico do equilíbrio)(83).

1.6.3.1 Cóclea

A cóclea tem duas voltas e meia, começando no vestíbulo e enrolando-se sobre si mesma diminuindo de diâmetro até ao ápex. No seu interior divide-se em dois canais, a rampa vestibular e a rampa timpânica. Esses canais têm líquidos que funcionam como um sistema hidrodinâmico, estando conectados com a janela oval e com a janela redonda. Estas ligações atuam em fases, num movimento de afundamento da platina do estribo no interior da cóclea, que produz uma deslocação da perilinfa dando origem a um movimento de exteriorização da membrana da janela redonda, e sucedendo o mesmo em sentido contrário. Estes movimentos dão origem a ondas que são transmitidas ao líquido endolinfático do canal coclear, resultando em modificações bioelétricas no órgão de *Corti*, que por sua vez vão originar impulsos elétricos nas fibras nervosas(80)(81).

O órgão de *Corti*, Figura 42, é uma estrutura complexa situada sobre a membrana basilar que é composta por células ciliadas. Por cima destas está a membrana tectoria que é uma estrutura que envolve os cílios das Células Ciliadas Externas (CCE) transmitindo-lhes os estímulos induzidos pelos movimentos hidrodinâmicos da endolinfa (83).

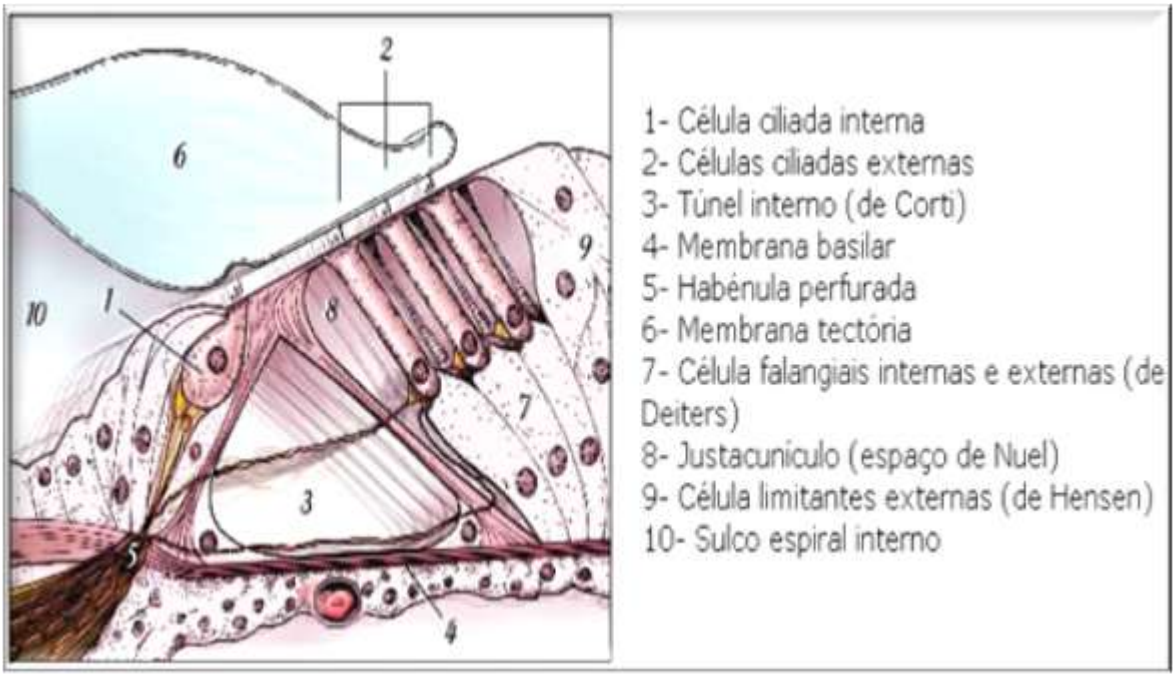


Figura 42 – Órgão de *Corti*

(Fonte: *CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire*, 2003)

A teoria da onda viajante propõe que a totalidade da membrana basilar expande as alterações de pressão, que são induzidas pelos movimentos ossicular e que, a onda ao viajar pela cóclea, torna-se a base da sensibilidade aos sons e da seletividade das frequências do órgão(83).

Ao longo dos anos foram definidas várias teorias para explicarem a seletividade das frequências do órgão de *Corti*, mas a ideia atual defende que todas as estruturas cocleares possuem propriedades de descriminação fina das frequências, conseguindo a designada tonotopia das frequências existente na cóclea(83).

Outros estudos, realizados por *Flock*(84), *Zenner*(85) e *Kachar*(86), chegaram à conclusão que as CCE tinham outra função que até à data não lhes era atribuída, a função contrátil(83).

A função contrátil das CCE, Figura 43, pode ser de dois tipos, rápida na ordem dos microssegundos ou pode ser uma contração lenta da ordem dos milissegundos. No primeiro, normalmente essa contração é induzida por um fenómeno de electro osmose responsável pelos mecanismos ativos que estão na base das otoemissões acústicas, enquanto no segundo tipo é induzida pela presença de potássio ou pelo aumento da permeabilidade celular ao cálcio em presença de Trifosfato de Adenosina (ATP), e tem a função de moderação sob o controle eferente(81).

As CCE são responsáveis pela amplificação localizada da vibração, fornecendo-as aos transdutores sensoriais, as Células Ciliadas Internas (CCI) através da membrana tectoria conseguem ter propriedades ótimas de sensibilidade e de discriminação das frequências, encontrando-se representadas na Figura 43(81).

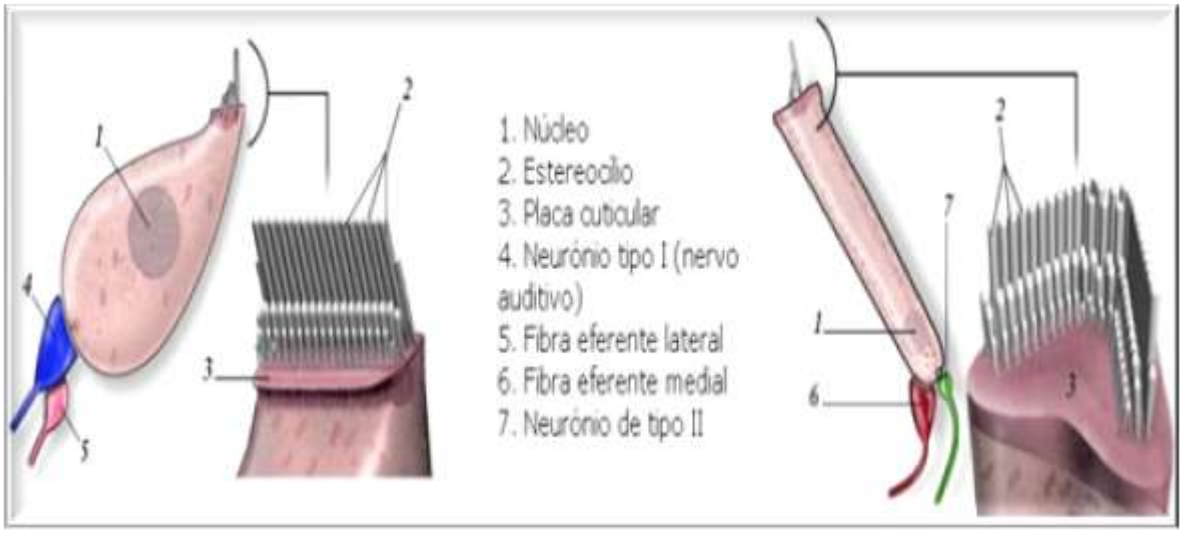


Figura 43 – Célula ciliada interna e célula ciliada externa

(Fonte: *CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire*, 2003)

As vibrações mecânicas que são induzidas pelo som na membrana basilar provocam uma estimulação nas CCI e CCE. Os canais de passagem de iões na região apical da membrana das CCI, têm um papel importante, porque modulam a resistência da membrana induzida pela passagem de iões principalmente de potássio (K^+)(83).

Esta modulação altera a corrente contínua que atravessa a CCI induzindo mudanças no potencial da membrana, ocasionando o aparecimento de um potencial celular de despolarização(83).

Por sua vez, a despolarização das CCI pode aumentar com a condutância dos canais de cálcio (Ca^{2+}) na região basal da membrana celular permitindo a entrada de Ca^{2+} para dentro das células, porque o meio extra celular é rico em Ca^{2+}. A entrada de Ca^{2+} no decorrer da despolarização, faz com que as vesículas intracelulares que contêm os neurotransmissores se fundão com as membranas préssináticas das células ciliadas, originando a libertação dos mesmos para o espaço extracelular préssináptico, que dará origem à despolarização das fibras nervosas devido à alteração da condutância das mesmas, este mecanismo encontra-se ilustrado na Figura 44. Os potenciais gerados a nível coclear vão propagar-se às estruturas auditivas centrais através da despolarização dos vários neurónios(87)(81).

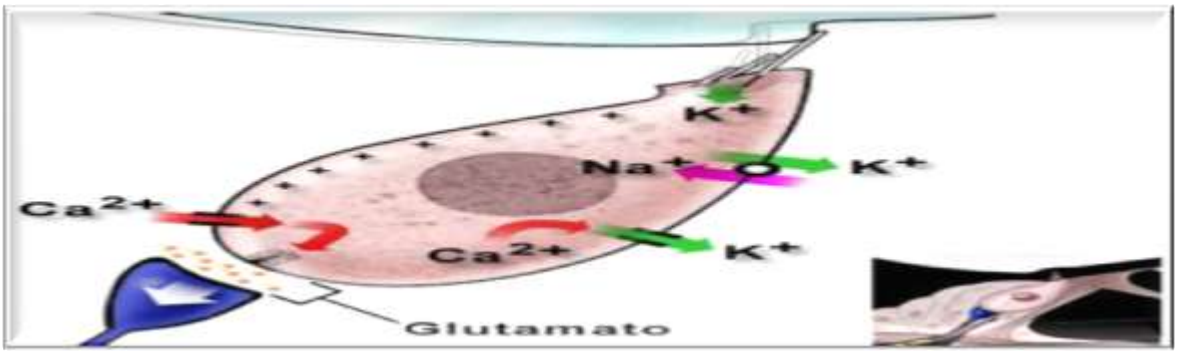


Figura 44 – Representação da saída de iões de potássio e entrada de iões de cálcio

(Fonte: *CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire*, 2003)

A despolarização neural é iniciada nas fibras do nervo acústico. Seguindo a lei do "tudo ou nada", passa a existir para cada fibra sensibilidades diferentes à despolarização em função da frequência coclear de onde têm origem. Ao longo do trajeto das vias auditivas é mantida a tonotopia frequencial, aumentando o número de fibras à medida que se vai da cóclea para o córtex, devido à junção das fibras provenientes de outras áreas(81).

1.6.3.2 Vestíbulo

O vestíbulo é uma câmara central situada no labirinto ósseo, Figura 45, juntamente com os canais semicirculares constitui o sistema vestibular(88).

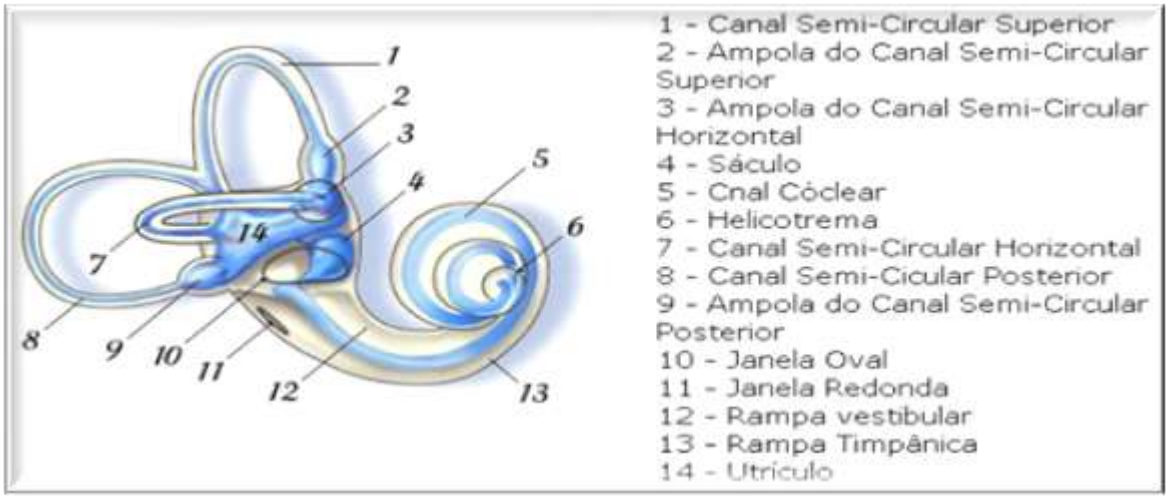


Figura 45 – Labirinto ósseo

(Fonte: *CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire*, 2003)

O labirinto membranoso está suspenso dentro do labirinto ósseo por fluído e pelo tecido conjuntivo de suporte e contem cinco órgãos sensoriais, nomeadamente as porções membranosas dos três canais semicirculares e os dois órgãos otolíticos, o utrículo e o sáculo. Numa das extremidades dos três canais semicirculares existe um diâmetro mais largo, formando a ampola. O labirinto membranoso é preenchido com um fluido endolinfático, que se assemelha ao fluido intracelular(88).

As células ciliadas especializadas, contidas em cada ampola e nos órgãos otolíticos, são sensores biológicos que convertem o deslocamento provocado pelo movimento cefálico numa descarga neural. Já as células ciliadas das ampolas localizam-se acima de um tufo de vasos sanguíneos, fibras nervosas e tecidos de suporte chamado de crista ampular. Cada célula ciliada é inervada por um neurónio aferente localizado no gânglio de *Scarpa*[32], que está próximo das ampolas. Quando as fibras são flexionadas na direção da célula ciliada mais longa (ou no sentido oposto), o índice de descarga aumenta ou diminui no nervo vestibular(88).

A cúpula que é uma membrana gelatinosa, reveste cada um dos cristais. É esta que faz causar diferenciais na pressão endolinfática observados nas circunjacências. Tais variações são associadas aos movimentos cefálicos que por conseguinte transmitem essa informação às células ciliadas. As membranas otolíticas são estruturas similares às cúpulas, embora a sua massa seja substancialmente maior pelo facto de conterem cristais de cálcio designados por otocónias. A massa da membrana otolítica faz com que as máculas sejam sensíveis à gravidade(88).

1.6.3.3 Enervação Coclear

As conexões cocleares nervosas do ouvido interno fazem-se principalmente através das fibras aferentes e fibras eferentes. As fibras aferentes transportam o estímulo sonoro para os núcleos cocleares já transformado, enquanto as fibras eferentes vêm da oliva protuberancial dando origem a dois tipos de feixes: heterolateral e homolateral(83).

As CCI e as CCE têm enervações diferentes, sendo que as CCI têm uma enervação aferente, enquanto as CCE têm uma enervação eferente. No gânglio espiral provêm das CCI 95% dos neurónios aferentes, que são do tipo I, nas CCE provêm apenas 5% dos neurónios do tipo II(81).

As sensações tanto a nível auditivo como ao nível do equilíbrio recolhidas no ouvido interno são transmitidas aos centros nervosos pelo nervo auditivo (VIII par craniano), que é dividido no nervo coclear e no nervo vestibular. O nervo coclear expande-se desde o gânglio espiral donde provêm as fibras que atravessam a membrana basilar, distribuindo-se pelas células sensoriais do órgão de *Corti*. Umas atingem as CCI, enquanto outras percorrem ao longo do túnel de *Corti* para as CCE(83).

[32] O gânglio do nervo vestibular, também chamado de gânglio de *Scarpa*, está localizado no interior do canal auditivo interno. O gânglio contém os corpos celulares dos neurônios aferentes primários bipolares cujos processos periféricos formam contato sináptico com as células ciliadas dos órgãos vestibulares sensoriais terminais. Recebeu o nome de *António Scarpa (Anatomicarum annotationum. 2 volumes, Modena and Pavia, 1779, 1785. 2nd edition, Milano, 1792)*. Ao nascer, já se encontra perto de seu tamanho final *(Sato H, Sando I, Takahashi H (September 1992). "Three-dimensional anatomy of human Scarpa's ganglion". Laryngoscope 102 (9): 1056–63)*.

O nervo vestibular é resultado da junção de um ramo superior (utrículo, uma parte da mácula sacular, cristas ampolares dos canais semicirculares superior e horizontal) e de um ramo inferior (da crista ampolar do canal semicircular posterior e da grande maioria da macula sacular), formando um tronco comum que vai atingir o gânglio de *Scarpa*, dirigindo-se aos núcleos vestibulares do tronco cerebral, no pavimento do quarto ventrículo(83).

1.6.4 Fisiologia da audição

O processo de audição pode ser resumido considerando a seguinte cadeia de eventos(10):

1) Captação das ondas sonoras pelo pavilhão auditivo e condução destas até ao tímpano através do canal auditivo;
2) Vibração do tímpano e consequentes movimentos dos ossículos, os quais geram um efeito pistão na janela oval;
3) Movimento dos líquidos perilinfáticos que se encontram na cóclea e que comunicam com a rampa vestibular e timpânica, produzindo uma deformação da membrana basilar que sustenta o órgão de *Corti*;
4) Desencadeamento de forças de cizalhamento entre a membrana tectoria e as células ciliadas, que provocam uma excitação neuronal, induzindo impulsos nervosos que são processados no córtex cerebral como sons/ruídos.

1.7 Avaliação da Função Auditiva – Audiometrias

A realização de exames audiométricos (definidos como testes audiométrico subjetivos) é um procedimento bastante comum e utilizado no estudo da função auditiva dos trabalhadores, sendo um método de exploração eletrónico que permite quantificar as perdas auditivas para distintas frequências. Pode ser realizado por via aérea (utilizando auscultadores) e via óssea (colocando um vibrador ósseo no mastoide)(10).

A intensidade mínima para a qual um trabalhador perceciona um tom puro, gerado e enviado por um audiómetro, Figura 46, representa o limiar tonal do indivíduo para essa frequência. A determinação dos limiares tonais repete-se para cada frequência considerada (geralmente para as bandas de oitava compreendidas entre os 125 – 8000 Hz e ainda para os 3000 Hz), e para cada um dos ouvidos, de forma independente. A informação obtida é registada graficamente nos audiogramas (frequência *versus* intensidade), facilitando a visualização, análise e interpretação dos dados, Figura 46(10).

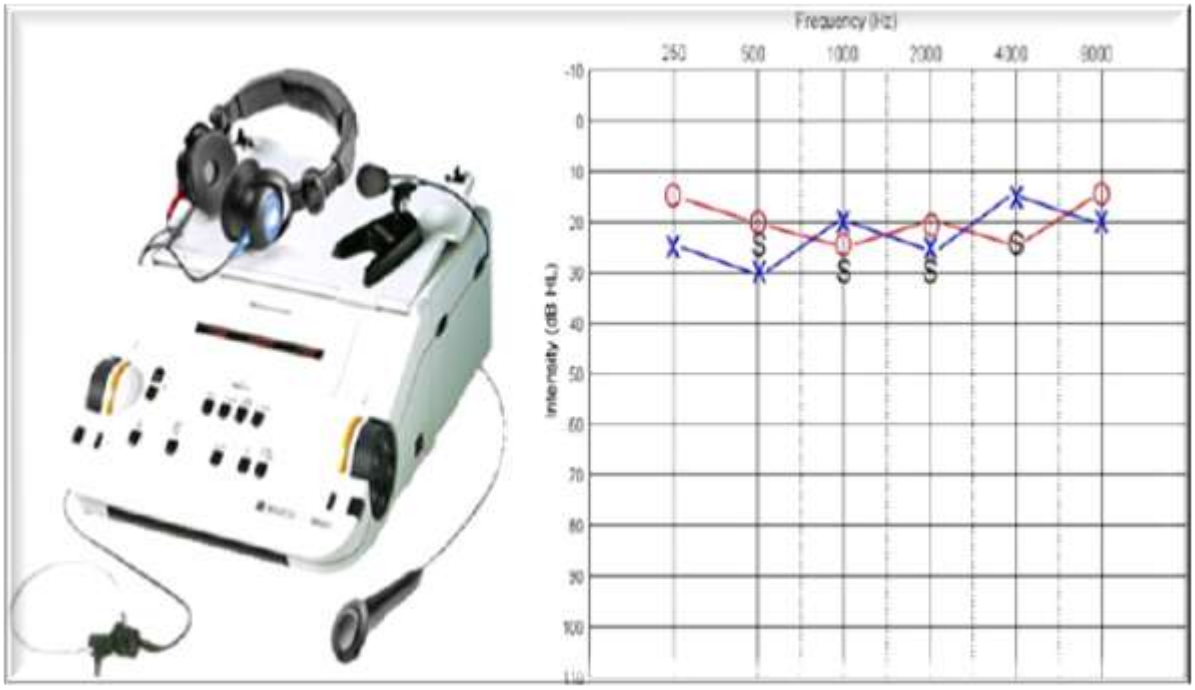


Figura 46 – Exemplo de um audiómetro e de um audiograma

(Fonte: António Mendes, 2011)

Avaliação do tipo de perdas auditivas, segundo a representação e interpretação dos audiogramas(10):

- ✓ Perda condutiva: representação normal da curva óssea, estando a curva aérea rebaixada;
- ✓ Perda neurosensorial: a curva óssea está rebaixada, coincidindo com a curva aérea;
- ✓ Perda mista: neste tipo de perda podemos observar rebaixamento dos limiares tonais ósseos e aéreos, não sendo coincidentes.

1.8 Critérios para o Cálculo e Classificação das Perdas Auditivas

Considerando os resultados dos exames audiométricos, existem diferentes metodologias para o cálculo e classificação do tipo e grau das perdas auditivas(10):

- ✓ Segundo a NP-1733[33], a audição humana considera-se diminuída quando a média tonal dos limiares tonais para as frequências de 500, 1000, 2000 Hz for igual ou superior a 25 dB, relativamente aos zeros audiométricos;
- ✓ O Decreto-Lei n.º 352/2007, de 23 de outubro, aprova a Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal. Para o cálculo das perdas auditivas, ponderam-se os resultados do melhor ouvido (com menores perdas) para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os fatores de ponderação de 2, 4, 3 e 1, respetivamente. Para a hipoacusia bilateral, a audiometria tonal deverá revelar uma perda igual ou superior a 35 dB;
- ✓ As equações apresentadas pela norma *ISO* 1999:1990[34] para o cálculo das perdas auditivas, podem aplicar-se apenas para um dos ouvidos, para a média ou média ponderada de ambos os ouvidos, incluindo:
  - Média dos limiares tonais para as frequências:
    - 500, 1000 e 2000 Hz;
    - 500, 1000, 2000 e 3000 Hz;
    - 500, 1000, 2000 e 4000 Hz;
    - 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz;
    - 2000 e 4000 Hz;
    - 2000, 3000 e 4000 Hz.
  - Média ponderada dos limiares tonais para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os fatores de ponderação de 4, 3, 2 e 1, respetivamente:
    - 500, 1000 e 2000 Hz;
- ✓ Segundo *Megerson*(89), nos diversos estados dos EUA e nas províncias do Canadá, são utilizados diferentes expressões e critérios, para o cálculo das perdas auditivas e para a consequente compensação económica, exemplificando:
  - ***AAO-79/AMA*** – Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000, 3000 Hz;
  - ***AAOO-59*** – Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000 Hz;
  - ***OREGON*** – Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz;
  - ***ILLINOIS*** – Perda média ≥ 30 dB para as frequências 1000, 2000, 3000 Hz;
  - ***BRITISH COLUMBIA*** – Perda média ≥ 28 dB para as frequências 500, 1000, 2000 Hz.

[33] Norma Portuguesa NP-1733, estabelecida pela Portaria n.º 382/81, de 2 de abril de 1981, e estudada pelas Comissões Técnicas Portuguesas de Normalização de "Acústica" e "Segurança e Higiene no Trabalho", apresenta uma estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção de audição.

[34] *ISO 1999:1990, Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*.

- ✓ O critério do *BIAP - Bureau International d'Audiophonologie* – calcula as perdas auditivas através da média dos limiares tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda ser assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o pior, dividindo-se a soma por 10. O resultado obtido é arredondado por excesso. Este critério permite ainda classificar as deficiências auditivas em 6 estados:
  - ***Normal*** – Perda auditiva inferior a 20 dB. Corresponde a uma perda ligeira sem incidência social.
  - ***Ligeira*** – Perda auditiva compreendida entre 21 e 40 dB. Uma conversa em tom normal é compreendida. Contudo, existem dificuldades se tal for realizada em voz baixa ou afastada.
  - ***Moderada*** – entre 41 dB e 70 dB. O discurso é entendido quando se eleva o tom de voz. O indivíduo compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.
  - ***Severa*** – entre 71 dB e 100 dB. O discurso é entendido apenas quando o tom de voz é forte e próximo da orelha.
  - ***Profunda*** – entre 100 dB e 119 dB. O indivíduo é incapaz de perceber a palavra, apenas ruídos muito potentes.
  - ***Total*** – perda média superior a 120 dB. Nenhuma perceção do ruído.

1.9 Perdas Auditivas em Função da Idade e da Exposição ao Ruído

A Norma *ISO* 1999:1990, no seu capítulo V, apresenta através da Equação [13] um modelo matemático aditivo para a caracterização das perdas auditivas em função da idade e da exposição ao ruído ocupacional dos trabalhadores(10):

$$H' = H + N - \frac{H.N}{120} \quad [13]$$

Onde,

H' – limiar da audição associado à idade e ao ruído

H – limiar da audição associado à idade

N – perda auditiva induzida pelo ruído

A particularidade e o potencial deste modelo são a possibilidade de calcular os limiares de audição especificamente para cada frequência. O parâmetro "*H"*, limiar da audição associado à idade, é calculado a partir da norma *ISO* 7029:2000[35], a qual considera uma população otologicamente normal e "muito bem selecionada", diferenciando a perda segundo o sexo do indivíduo e permitindo a obtenção de um resultado para distintos percentis(10).

O valor mediano da perda auditiva induzida pelo ruído, $N_{0,50}$, obtido pela Equação [14] é função da frequência audiométrica, da duração da exposição e da exposição pessoal diária normalizada para 8h (válido para tempos de exposição [10, 40] anos(10).

$$N_{0,50} = \left(u + v.log\frac{T}{T_0}\right).\left(L_{Ex,8h} - L_0\right) \quad [14]$$

Onde,

u, v – constantes dependentes da frequência audiométrica (inscritas na Tabela 2 da norma)

T – duração da exposição (em anos) e T_0 igual a 1 ano

$L_{Ex,8h}$ – exposição pessoal diária normalizada para 8h

L_0 – nível limite de exposição sonora definido em função da frequência (Tabela 2 da norma)

Para períodos de exposição inferiores a 10 anos, *N* é extrapolado a partir de $N_{0,50}$ para 10 anos, Equação [15](10).

$$N_{0,50;T<10} = \left(\frac{log(T+1)}{log(11)}\right).N_{0,50;T=10} \quad [15]$$

No capítulo 5.3.2 desta norma apresentam-se as expressões matemáticas utilizadas para o cálculo da distribuição estatística de *N*, as quais se obtêm a partir do cálculo de $N_{0,50}$(10).

[35] *ISO 7029:2000, May, 4th. Acoustics - Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age.*

1.10 Qualidade Acústica Ambiental

Quando os ocupantes de um espaço apresentam reclamações devido a ruídos de natureza intrusiva, deverão ser empregues métodos de avaliação acústica com vista a determinar de que forma esses estímulos sonoros podem ser efetivamente responsáveis pelas situações de perturbação relatadas. Neste sentido, durante o século XX foram desenvolvidos os métodos de avaliação e critérios acústicos empregues atualmente em situações diversificadas, com o objetivo de adequar o ambiente acústico de espaços ocupados às correspondentes exigências de conforto relacionadas com as atividades previstas. Também a este respeito, o atual enquadramento regulamentar nacional estabelece critérios legais que deverão ser atendidos não só em situação de reclamação efetiva por parte de cidadãos expostos ao ruído em espaços ocupados, como também em fase de projeto de um novo edifício(90).

1.10.1 Critérios de conforto acústico

Com o aumento atual da ênfase sobre o conforto sensorial, o "conforto acústico" e a "qualidade sonora" têm vindo a tornar-se cada vez mais importantes no estabelecimento de novos critérios de avaliação visando a análise das reclamações relativas à ocorrência de ruído excessivo e intrusivo. Os critérios de avaliação de ruído em edifícios, e em espaços ocupados, ganharam importância relevante por volta de 1920, desde que foi reconhecido que o ruído poderia condicionar negativamente os ocupantes de edifícios, tanto em termos de produtividade, como em termos de incomodidade(90).

Os critérios acústicos foram assim criados como forma de providenciar um método relativamente simples de determinar se uma reclamação devida a ruído excessivo deveria ser considerada válida. À medida que os métodos de avaliação foram sendo desenvolvidos, foram também sendo entendidas as características necessárias para se atingir um ambiente acústico satisfatório, culminando no aumento da complexidade desses critérios. Dado o conhecimento dos critérios e da avaliação resultante da aceitabilidade acústica de um determinado ambiente particular, tornou-se também possível especificar critérios acústicos para determinadas ocupações previstas, em espaços interiores de edifícios(90).

1.10.1.1 Nível Sonoro Global

Idealmente, seria mais fácil utilizar métodos de avaliação e critérios que resultassem na obtenção de valores únicos. No entanto, torna-se necessário aplicar as devidas correções para adaptar a escala "linear" de medida à escala "ponderada" que refletirá melhor a perceção auditiva do ouvido humano. Em 1933 os investigadores *Fletcher* e *Munson*(91) definiram as correções a utilizar, que consistem em "filtros" de ponderação que derivam da resposta em frequência do ouvido em função da sensação auditiva, sendo definidos aproximadamente a partir do inverso das curvas de igual sensação auditiva de 40, 70 e 100 *fone*, correspondendo às malhas "A", "B" e "C", respetivamente. O campo de aplicação da malha de ponderação "D" restringe-se aos ruídos de aeronaves(92).

A partir destas distribuições, pode ser determinado o "nível sonoro global", resultante da soma energética de todas as bandas de frequência resultantes da correção do espectro do ruído perturbador por aplicação de uma determinada malha de ponderação. Recorre-se correntemente à utilização da malha de ponderação "A" resultará na utilização de unidades dB(A), para caracterizar o valor único obtido(90).

Contudo, a utilização de um método de um valor único não se afigura suficientemente adequada por desconsiderar a descrição espectral do ruído perturbador. Neste contexto, foram desenvolvidos métodos recorrendo à análise da descrição espectral do ruído perturbador, que se apresentam abaixo, e que estabelecem critérios com base em curvas no domínio do espectro para determinação do critério verificado. Cada curva traduzirá também um "valor único", determinando todavia uma descrição espectral bem conhecida para o ruído em análise(90).

1.10.1.2 Curvas NC – Noise Criteria

Em 1957, o investigador *Beranek* desenvolveu(92) as curvas *NC* (*Noise Criteria*) a partir de entrevistas a um grupo alargado de pessoas permanecendo em diferentes ambientes, como escritórios, fábricas, espaços públicos, entre outros, e da caracterização dos respetivos níveis sonoros em cada ambiente, com descrição espectral por bandas de 1/1 de oitava (90).

O resultado qualitativo e estatístico desse estudo privilegiou principalmente a inteligibilidade do discurso e a possibilidade de criar condições acústicas adequadas ao desfrute de programas televisivos, radiofónicos ou de música em geral, e culminou no estabelecimento do critério *NC*, Figura 47(93), de uso mais frequente nos Estados Unidos da América(90):

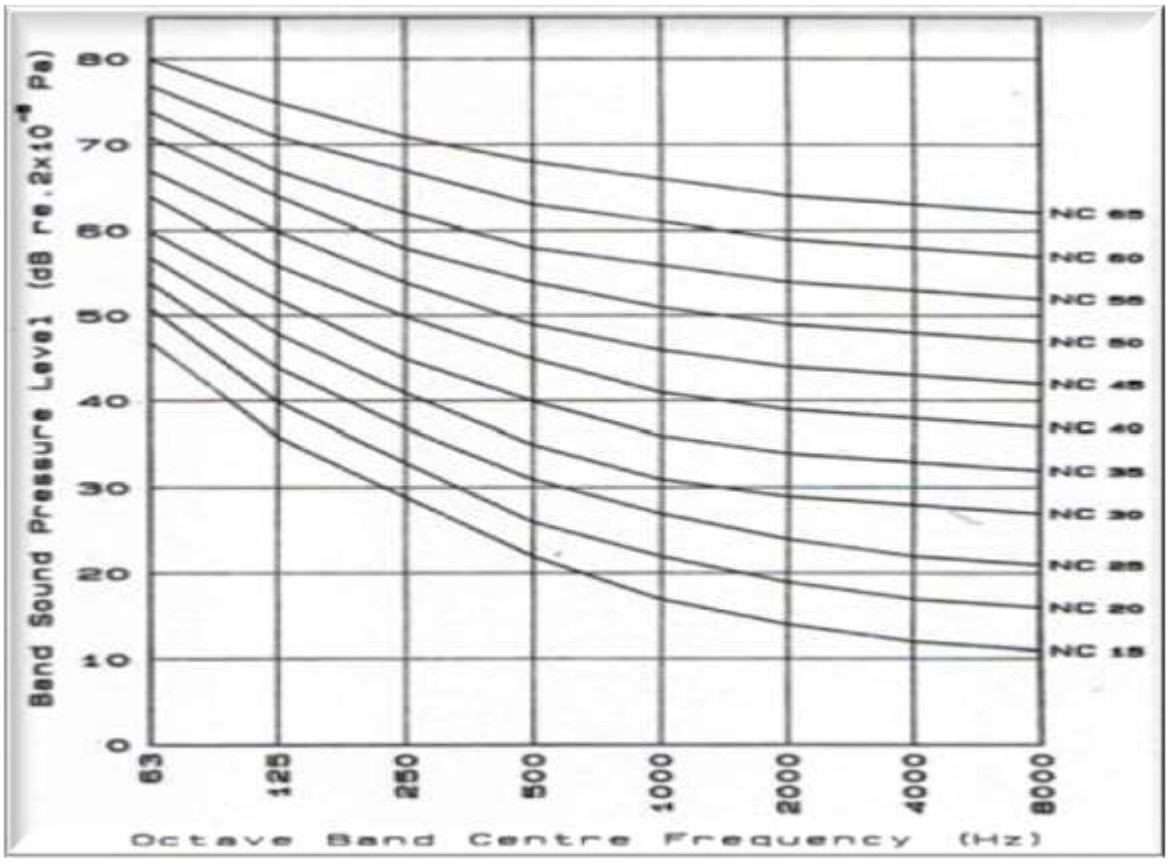


Figura 47 – Curvas *NC*

(Fonte: *Duncan Templeton*, 1997)

Este critério recorre ao método tangencial, através do qual é possível identificar uma curva NC correspondendo à curva a cujas bandas máximas do espectro de ruído mais se aproximam, sem a ultrapassar(90).

1.10.1.3 Curvas NR – Noise Rating

Em 1962, os investigadores *Kosten* e *Vanos*(91) estabeleceram o conjunto de curvas *NR* (*Noise Rating*) muito similar às curvas *NC*, recorrendo também ao método tangencial, tendo o seu uso sido generalizado na Europa, Figura 48(93).

Apesar de algumas diferenças na definição espectral das curvas, os valores critério das curvas *NR*, definidos em função da utilização dos espaços ocupados, podem considerar-se equivalentes aos valores *NC*(90):

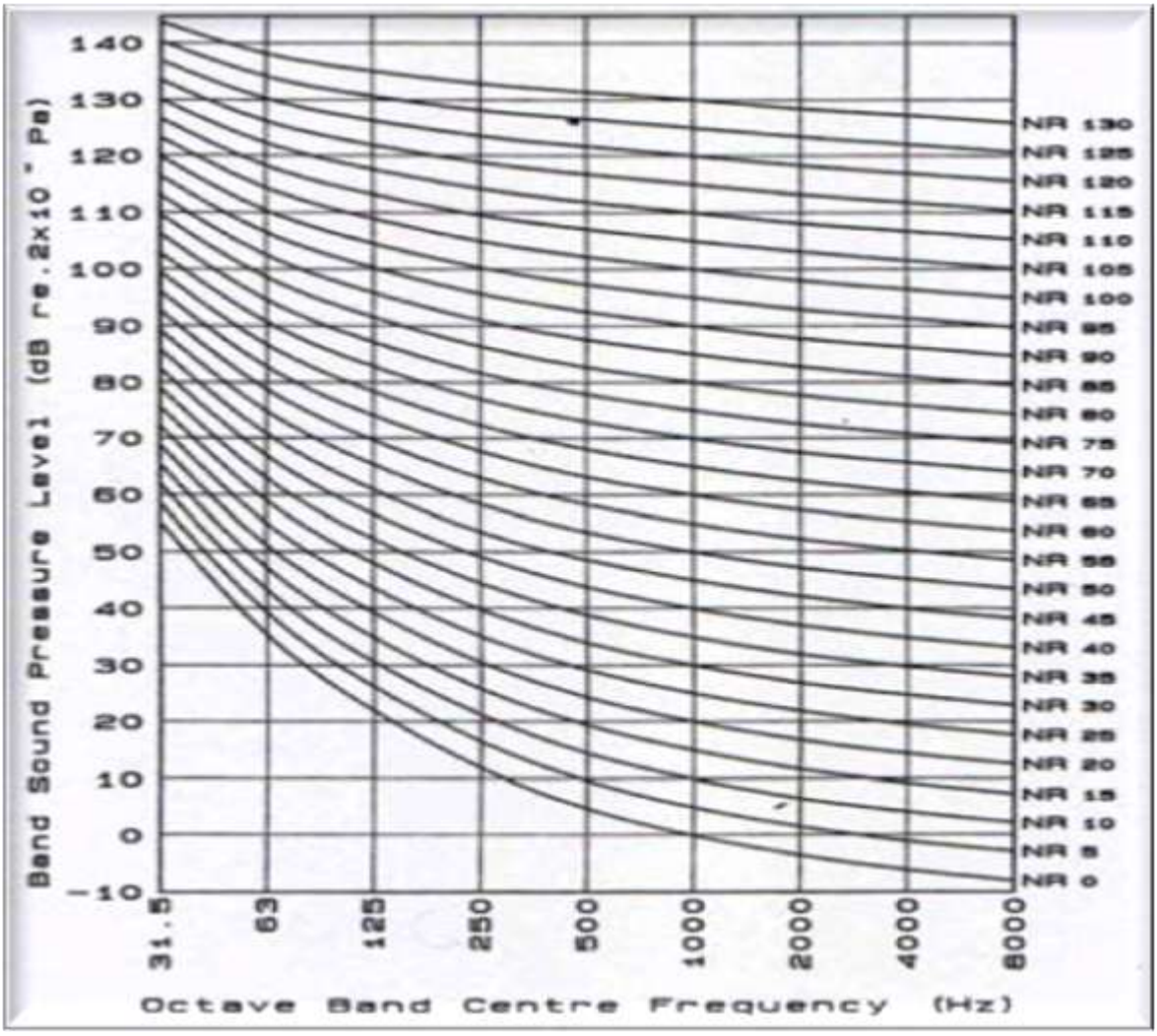


Figura 48 – Curvas *NR*

(Fonte*: Duncan Templeton*, 1997)

1.10.1.4 Curvas PNC – Preferred Noise Criteria

Através da aplicação do conjunto de curvas *NC*, foi-se tornando aparente que o espectro sonoro de um determinado ruído que seguisse de perto uma curva *NC* não daria, em certas condições, origem a um som classificado como "sofrível", mas sim a um som com características eventualmente incómodas, caracterizado como um "ronco" (*rumble*) ou um "silvo" (*hiss*). Neste sentido, em 1971, *Beranek*, *Blazier* e *Figwer* (92) promoveram a revisão das curvas *NC*, por forma a adequá-las à presença deste tipo de ruídos, resultando na criação das curvas *PNC* (*Preferred Noise Criteria*)(90).

1.10.1.5 Curvas RC – Room Criteria

Em 1981, o investigador *Blazier* estabeleceu(91) empiricamente o conjunto de curvas *RC* (*Room Criteria*) para aplicação preferencial como critério em espaços desocupados servidos por sistemas e instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado. As curvas *RC* permitem uma caracterização dupla do espectro sonoro de um ruído, na forma geral "*RC* xx (yy), onde "xx" indica a classificação *RC* e "yy" fornece informação acerca do balanceamento espectral desse ruído, de acordo com as seguintes características(92): "neutro" (*neutral*), "ronco" (*rumble*) com ou sem excitação vibrática estrutural de paramentos, "silvo" (*hiss*) ou "tonal" (*tonal*). Complementarmente, as curvas *RC* permitem ainda a análise das componentes de baixa frequência de 16 31,5 e 63 Hz, respeitante à probabilidade de indução de ruído por radiação sonora a partir de paramentos aligeirados da envolvente do espaço. Neste contexto, são definidas as seguintes regiões(90):

- ✓ Região A: se os níveis sonoros do ruído perturbador estiverem nesta região existirá uma "probabilidade elevada" de ser produzido ruído induzido por vibração de paramentos aligeirados, facilmente percetível como estímulo audível ou ao tato;
- ✓ Região B: se os níveis sonoros do ruído perturbador estiverem nesta região existirá uma "probabilidade moderada" de ser produzido ruído induzido por vibração de paramentos aligeirados.

1.10.1.6 Curvas LFRC – Low Frequency Room Criteria

Em simultâneo com *Blazier*, em 1980 o investigador *Broner* desenvolveu estudos que permitiram concluir que os métodos de avaliação e critérios disponíveis à data não permitiam atingir padrões adequados de qualidade sonora, respeitantes à presença de incómodo causado por ruídos de baixa frequência com nível sonoro reduzido. Partindo de estudos realizados, nos quais identificou situações em que espectros sonoros verificando critérios *NC* e *NR* não evitam a incomodidade por ruído baixa frequência, *Broner* desenvolveu o conjunto de curvas *LFNR* (*Low Frequency Noise Rating*) com uma descrição espectral mais "fina", definidas em bandas de 1/3 de oitava, em oposição à análise em bandas de 1/1 de oitava utilizada até então. As curvas *LFNR* são baseadas nas curvas *NR*, embora admitam bastante menos energia nas baixas frequências, atendendo-se ao facto de que os ocupantes reagem fortemente a ruído de baixa frequência quando o espectro sonoro se encontra desequilibrado. Baseando-se neste estudo, *Broner* propôs em 1994 a modificação das curvas *RC* de acordo com um novo conjunto de curvas *LFRC* (*Low Frequency Room Criteria*)(90).

1.10.1.7 Curvas NCB – Balanced Noise Criteria

Em 1989, *Beranek* estabeleceu as curvas *NCB* (*Balanced Noise Criteria*), Figura 49, derivando também das curvas *NC*, cuja diferença mais significativa consiste na extensão das curvas até à banda de oitava de frequência central de 16Hz, por forma a complementar a avaliação dos estímulos sonoros de baixa frequência, anteriormente identificados como "rumble"(90).

O método de avaliação deste critério aproxima-se do desenvolvido para as curvas *RC*, considerando tanto uma classificação numérica, como uma descrição do balanceamento do espectro de frequências(90).

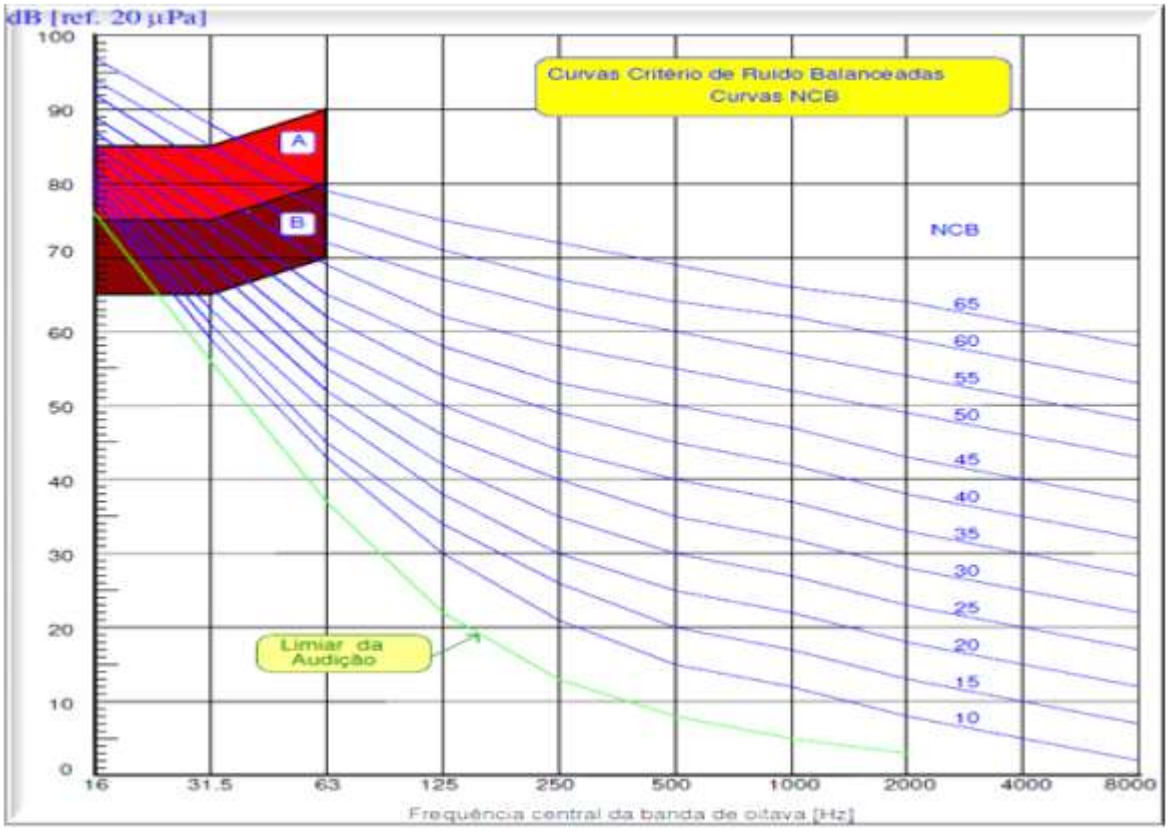


Figura 49 – Curvas *NCB*

(Fonte*: Leo Beranek*, 1989)

1.10.1.8 Curvas RC Mark II − Room Criteria (revisão)

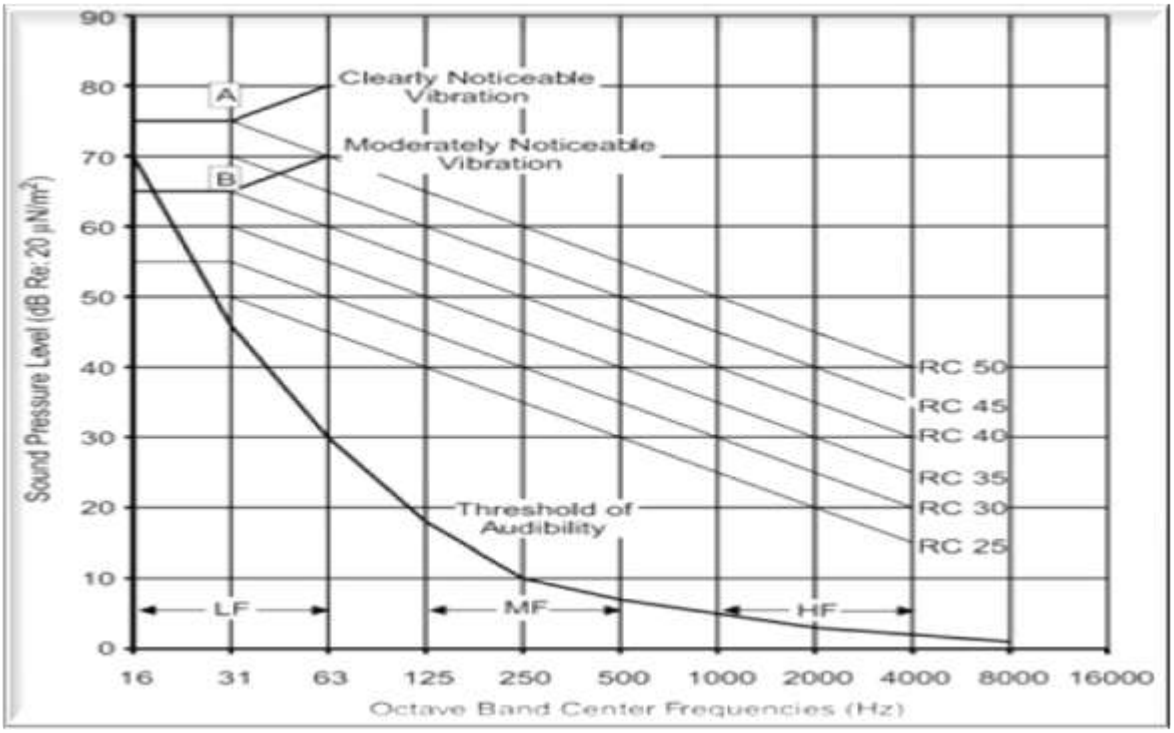


Figura 50 – Curvas *RC Mark II*

(Fonte*: Leo Beranek*, 1989)

Em 1997, e como resultado dos desenvolvimentos sobre o tema do ruído de baixa frequência, *Blazier* propôs a revisão do critério *RC* anteriormente definido pelo critério *RC Mark II*(91), Figura 50, mantendo-se as regiões "A" e "B" identificando a probabilidade de ruído induzido por vibração de paramentos aligeirados da envolvente do espaço, e consistindo em duas alterações principais(90):

- ✓ As curvas *RC* utilizadas no método *RC Mark II* são horizontais nas bandas de 16 e 31.5 Hz, em vez de inclinadas (indo de encontro às curvas *LFRC*);
- ✓ O método *RC Mark II* difere na forma como as características qualitativas do ruído são determinadas.

Considera-se a divisão do espectro em três zonas distintas: Baixa Frequência *LF* (16 a 63 Hz), Média Frequência *MF* (125 a 500 Hz) e Alta Frequência *HF* (1000 a 4000 Hz). A presença de níveis sonoros excessivos nessas zonas são indicados como sendo apercebidos como "ronco" (*rumble*), "rugido" (*roar*) e "silvo" (*hiss*), respetivamente. Na segunda alteração referida acima, o método *RC Mark II* utiliza duas novas quantidades para a determinação das características qualitativas do ruído, consistindo nos "fatores de desvio da média energética espectral (*ΔLF*, *ΔMF* e *ΔHF*)" e no "Índice de Avaliação Qualitativa" (*Quality Assessment Index*, *QAI*)(93)(90).

Tendo sido terminada a designação completa "*RC xx (yy)"* do espectro do ruído de fundo, esta deve ser classificada de forma subjetiva através dos termos "aceitável", "marginal" ou "objecionável", classificação que permite prever a forma como um ocupante de um espaço possa responder a um determinado espectro sonoro. As "curvas" recomendadas para cumprimento do critério *RC Mark II* são definidas em função dos tipos de ocupação prevista para os espaços(94)(90).

1.10.2 Critérios regulamentares sobre ruído em espaços ocupados

Dado o enquadramento social do problema do ruído em espaços ocupados de edifícios, considera-se de interesse a apresentação dos critérios regulamentares vigentes em Portugal, sobre o tema, facilitando a escolha em adequabilidade dos critérios regulamentares estabelecidos(90).

1.10.2.1 Regulamento Geral do Ruído

A legislação portuguesa em vigor relativa ao ruído encontra-se expressa no Regulamento Geral do Ruído (RGR)[36], aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, e define critérios a cumprir para avaliação das condições ambientais acústicas estabelecidas no interior de espaços ocupados, quando em presença de ruídos de natureza intrusiva, dissociados das instalações técnicas afetas ao próprio edifício. Os aspetos de interesse são estabelecidos no artigo 13.º n.º 1, do RGR, relativos à instalação e exercício de atividades ruidosas permanentes, definidas como as "atividades que produzam ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se façam sentir os efeitos dessa fonte de ruído"(90).

[36] Sucede ao Decreto-Lei 129/2002, de 11 de Maio (RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios), seguido do Decreto-Lei 146/2006, de 31 de Julho (ARA – Avaliação do Ruído

O parâmetro utilizado para aplicação do critério de incomodidade, consiste no Nível de Avaliação, L_{Ar}, definido no articulado constante no Anexo I, referido no ponto 5.º do RGR. Retêm-se as seguintes exigências a considerar na avaliação em espaços ocupados de edifícios(90):

- ✓ Critério de Incomodidade:
  - $L_{Ar} – L_{Aeq}$ (ruído residual) ≤ 5 dB(A), entre as 7h e as 20h;
  - $L_{Ar} – L_{Aeq}$ (ruído residual) ≤ 4 dB(A), entre as 20h e as 23h;
  - $L_{Ar} – L_{Aeq}$ (ruído residual) ≤ 3 dB(A), entre as 23h e as 7h.
- ✓ Excetua-se a aplicação do Critério de Incomodidade quando:
  - L_{Ar} ≤ 27 dB(A), no interior dos espaços ocupados em edifícios.

1.10.2.2 Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

A legislação portuguesa em vigor relativa à construção de novos edifícios encontra-se expressa no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho, e estabelece critérios a cumprir para avaliação das condições ambientais acústicas estabelecidas no interior de espaços ocupados, quando em presença de ruídos de natureza intrusiva, originados a partir de instalações técnicas coletivas associadas aos usos do próprio edifício. Os requisitos acústicos são estabelecidos de forma diferenciada em função dos usos de cada edifício, apresentando-se resumidamente no Quadro 8 as exigências do articulado com interesse para o presente artigo, relativo aos "edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras" (artigo 5.º) e "edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais" (artigo 6.º), aos quais os casos exemplares se podem aplicar(90):

Quadro 8 - Exigências regulamentares (RRAE) com interesse

Locais	Nível de Avaliação, L_{Ar}
Alínea h) do artigo 5.º - Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras	
Quartos e zonas de estar dos fogos	L_{Ar} ≤ 35 dB(A) (se o funcionamento do equipamento for intermitente)
	L_{Ar} ≤ 30 dB(A) (se o funcionamento do equipamento for contínuo)
	L_{Ar} ≤ 40 dB(A) (se o equipamento for um grupo gerador elétrico de emergência)
Alínea d) do artigo 6.º - Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais	
Locais situados no interior do edifício, onde se exerçam atividades que requeiram concentração e sossego	L_{Ar} ≤ 45 dB(A) (se o funcionamento do equipamento for intermitente)
	L_{Ar} ≤ 40 dB(A) (se o funcionamento do equipamento for contínuo)

(Fonte: Carlos Penedo, 2008)

Ambiente) transposto da supra referida Diretiva 2002/49/CE, de 25 de Junho, tendo ainda como referência a Lei n.º 50/2006, de 29 de Agosto (CA – Contraordenações Ambientais).

2 ANTECEDENTES / REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, resultante de um levantamento bibliográfico de publicações maioritariamente indexadas ou catalogadas nas bases de dados *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, analisa-se um conjunto recente de trabalhos anteriores e estudos epidemiológicos, realizados por vários autores, identificando-se, cronologicamente e de seguida, os pontos de maior relevância em âmbito e influência estratégica associadas ao trabalho desenvolvido nesta Tese, terminando-se com uma síntese da legislação e regulamentação aplicável.

Trabalhos Anteriores:

2004: Avaliação dos Riscos resultantes da Exposição ao Ruído com recurso a um SIG – Sistema de Informação Geográfica (2):

- ✓ Escolha e utilização de uma ferramenta de informação geográfica do tipo matricial para produção de mapas e gráficos de ruído.

2007: Redução de Ruído Ambiental em Área de Produção Industrial (95):

- ✓ Descrição do processo de medida e meios de diagnóstico para caracterização, avaliação, quantificação e análise de ruído na indústria tabaqueira.

2007: Arquitetura de um Sistema de Gestão do Ruído em Ambiente Industrial (96):

- ✓ Desenvolvimento de um método de avaliação dos riscos resultantes da exposição dos trabalhadores ao ruído em ambiente industrial.

2008: Desenvolvimento de um indicador de faixa de nível de pressão sonora de baixo custo, atuando como sistema permanente de monitorização de ruído(97):

- ✓ Projeto e implementação de um indicador de faixa de nível de pressão sonora com vista a exibir os valores dos níveis de ruído, ponderados na escala dB(A).

2009: Avaliação da propagação do ruído industrial na poluição sonora (98):

- ✓ Avaliação da poluição do ruído industrial no meio ambiente, de forma a identificar as principais fontes ou atividades causadoras do ruído.

2010: Gestão do ruído industrial por meio da criação de um índice comparativo de ruído ocupacional (99):

- ✓ Criação e teste de um indicador de ruído.

2012: Acústica Industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial (100):

- ✓ Identificação dos principais componentes presentes numa amostra de três equipamentos industriais com elevados níveis sonoros (superiores ou iguais ao máximo recomendado na lei portuguesa (85 dB(A) – nível de ação superior).

2013: Análise de ruído sonoro em ambiente industrial: uma nova abordagem (101):

- ✓ Apresentação de uma nova abordagem de análise preliminar do ruído presente na nave de uma indústria de grande porte.

Estudos Epidemiológicos:

2005: Prevalência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) em empresa metalúrgica:

- ✓ Análise da prevalência dos casos sugestivos de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores metalúrgicos, potencialmente expostos ao ruído ocupacional (83 a 102 dB).

2007: Alterações auditivas em trabalhadores expostos ao ruído industrial:

- ✓ Determinação do Grau de Deficiência Auditiva nos trabalhadores expostos.

2011: Ruído ocupacional em ambiente industrial:

- ✓ Estudo da perda auditiva em trabalhadores potencialmente expostos a Ruído Ocupacional Excessivo.

2011: Zumbido no trabalhador exposto ao ruído:

- ✓ Verificação das características, prevalência e repercussão do zumbido em trabalhadores expostos ao ruído.

2013: Incidência e prevalência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) em trabalhadores de uma indústria metalúrgica:

- ✓ Estudo da perda auditiva em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional excessivo.

2014: Ruído ocupacional e perdas auditivas numa empresa metalomecânica:

- ✓ Estimativa da incidência e da prevalência de deficit auditivo sugestivo de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR).

2.1 Trabalhos Anteriores

2.1.1 Avaliação dos riscos resultantes da exposição ao ruído com recurso a um SIG – Sistema de Informação Geográfica

Este estudo(2) é desenvolvido e apresentado um método de avaliação de riscos resultantes da exposição ao ruído em ambiente industrial através do uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) matricial.

Este método apresenta várias potencialidades permitindo atribuir a cada um dos trabalhadores um nível de exposição ao ruído e desenvolver as medidas de prevenção mais adequadas para cada caso. Para a implementação desta metodologia de análise, procurou-se utilizar um SIG do tipo matricial, que tivesse uma grande divulgação na comunidade científica e com baixo custo de aquisição, com vista a possibilitar o seu uso generalizado como ferramenta de trabalho.

Não tendo sido identificada no mercado uma que permitisse o cálculo da exposição individual dos trabalhadores ao ruído com base em modelos de previsão, procurou-se desenvolver uma ferramenta baseada em SIG, capaz de efetuar essa previsão com facilidade e com um custo muito reduzido, tendo-se optado pelo SIG *IDRISI*, versão 14.01 (*Kilimanjaro*) dos Laboratórios da Universidade de *Clark*, EUA.

As funcionalidades básicas de um SIG incluem a possibilidade de definir imagens (matrizes) com dados do tipo numérico, *byte* ou real de forma a contemplar as gamas de valores expectáveis para cada grandeza em estudo e efetuar cálculos matriciais com funções trigonométricas, exponenciais e logarítmicas, garantindo um mínimo de especificações:

- ✓ Capacidade de referenciação geográfica de informação com visualização no ecrã;
- ✓ Importação de dados das mais variadas fontes externas e formatos;
- ✓ Conversão de ficheiros gráficos de projeções cartográficas;
- ✓ Extração e fusão de matrizes;
- ✓ Reamostragem de valores por ficheiro de controlo;
- ✓ Reclassificação de imagens a partir de ficheiros de valores;
- ✓ Modelos Digitais de Terreno (perfis, declives, orientações e bacias de visão);
- ✓ Funções de medição de distâncias entre pontos, perímetro e áreas de polígonos;
- ✓ Geração de envolventes (*buffers*) em torno de pontos, linhas e polígonos;
- ✓ Determinação de campos de visão sobre pontos específicos de observação;
- ✓ Sobreposição de imagens com realização de operações algébricas e booleanas;
- ✓ Funções estatísticas sobre as imagens, designadamente, média, máximo, mínimo e desvio padrão, com produção dos respetivos histogramas;
- ✓ Construção de filtros de imagem do tipo média, “passa-alto”, em que seja possível ao utilizador definir a dimensão e o valor dos elementos da matriz de definição do filtro;
- ✓ Capacidade de produção de saídas gráficas com possibilidade de sobreposição de imagens matriciais e vetoriais.

Ilustra-se na Figura 51 o resultado do cálculo em SIG da soma dos contributos do ruído resultante de raios diretos, refletidos nos obstáculos, no teto e transmitidos através das paredes, correspondendo a uma imagem com o valor do nível de intensidade de ruído para todos os pontos da nave industrial analisada. Esta informação serve de base à produção de mapas de ruído e à determinação dos níveis de exposição dos trabalhadores ao ruído.

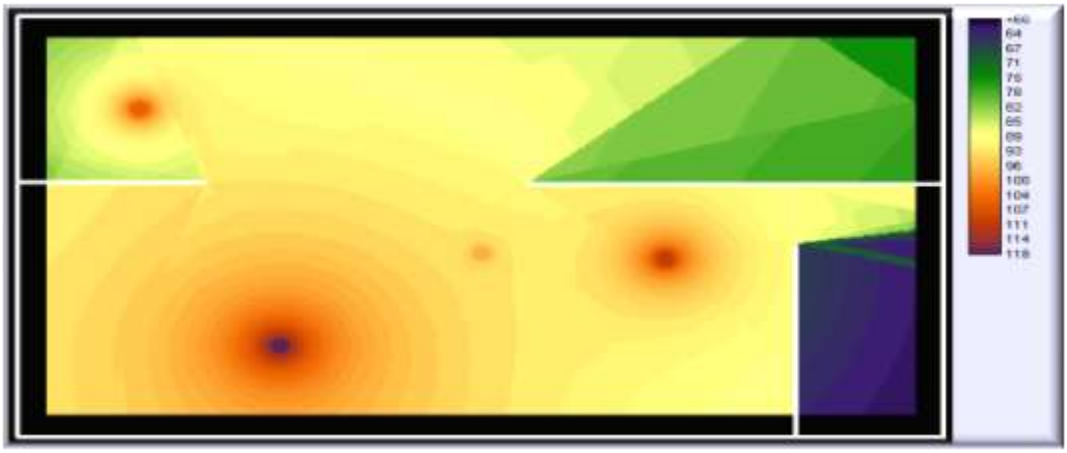


Figura 51 – Resultado do cálculo em SIG da soma dos contributos de vários ruídos

(Fonte: José Estevez, 2004)

A imagem do ruído pode ser comparada a uma superfície na qual as cotas representam níveis de ruído. Assim, é possível construir essa superfície e observá-la de todos os ângulos pretendidos e inclusivamente sobrevoá-la no SIG, como apresentado na Figura 52.

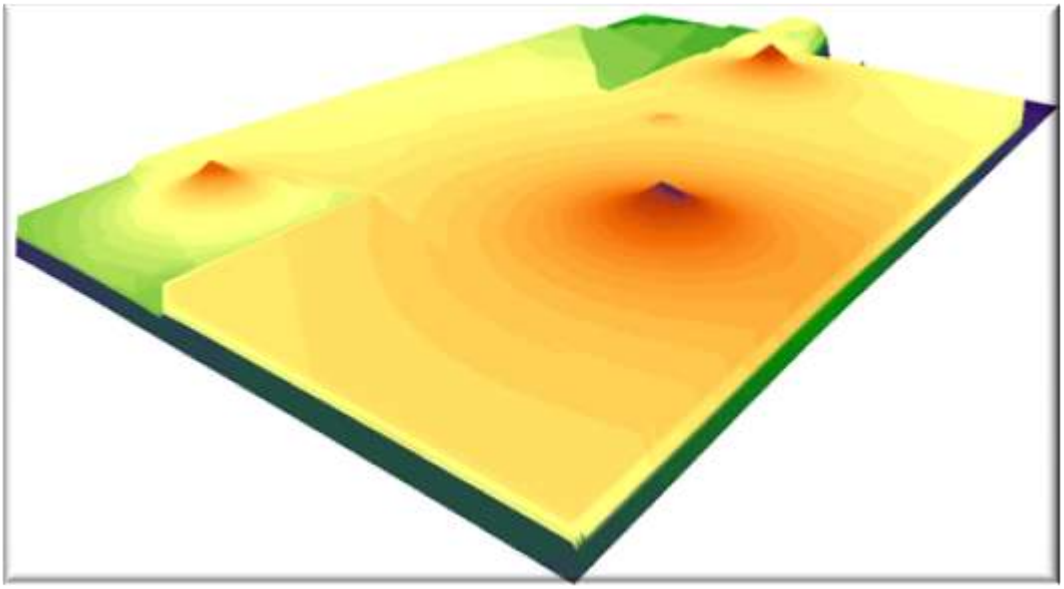


Figura 52 – Sobrevoo de uma imagem de ruído

(Fonte: José Estevez, 2004)

De acordo com as boas práticas e com a legislação em vigor, devem ser feitas periodicamente medidas dos níveis de ruído existentes, com vista a identificar a existência de valores elevados que possam causar danos no aparelho auditivo ou incómodo excessivo no trabalhador. O aparelho utilizado para realizar essas medidas é o sonómetro. Geralmente, numa primeira fase, são realizadas medidas pontuais de ruído em pontos facilmente identificáveis na planta do edifício.

Com essas medidas, constrói-se um mapa de ruído interpolado para todos os pontos do espaço. As medidas isoladas de ruído fornecem pouca informação para os serviços de *HSST* da empresa. Já um mapa de ruído, de mais fácil leitura, permite identificar as situações perigosas para a saúde e bem-estar dos trabalhadores designadamente, o número de trabalhadores afetados e o valor individual da exposição onde, deste modo, se consegue planear melhor as medidas de controlo desse ruído.

Os valores das medições e as coordenadas dos pontos de medida são registados em formato digital (folha de cálculo, ficheiro *ASCII*, Base de Dados) e posteriormente importados para o SIG. Com vista à exclusão dos erros de medida, optou-se por uma amostragem nos "pontos de medida" dos valores da previsão do ruído, comparando-se depois a imagem dos valores da previsão, com a imagem da interpolação e daí tirar conclusões sobre qual o mais adequado processo para realizar a interpolação de medidas pontuais. Aplicando a técnica de interpolação, conhecida por Malha Irregular de Triângulos para interpolação de valores (*TIN*), obtém-se uma imagem com valores para todo o espaço geográfico como indicado na Figura 53.

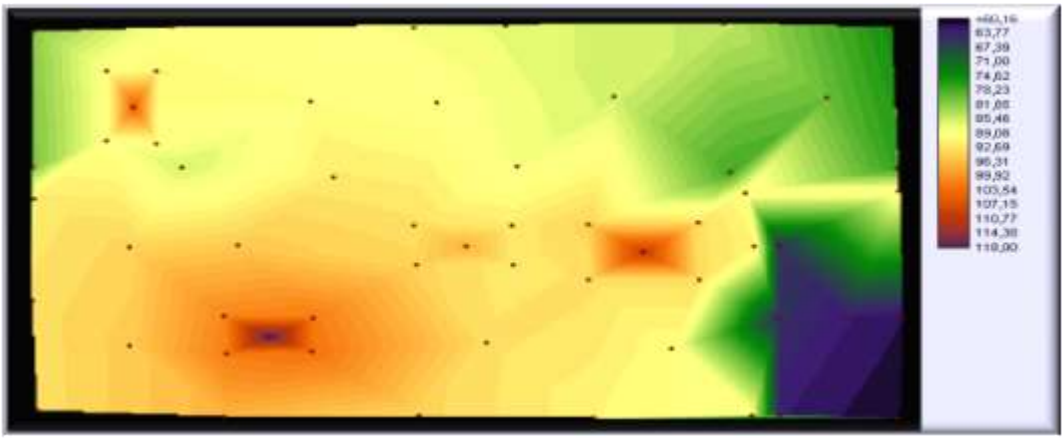


Figura 53 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico

(Fonte: José Estevez, 2004)

Este resultado obtém-se projetando uma rede de triângulos definidos pelos pontos de medida sobre todo o espaço geográfico, vide Figura 54.

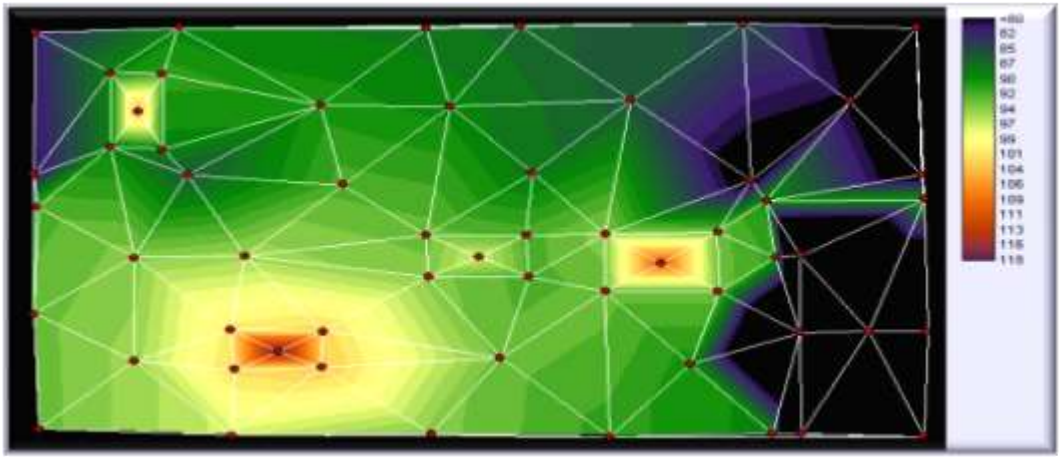


Figura 54 – Malha irregular de triângulos com vértices nos pontos de medida

(Fonte: José Estevez, 2004)

Com base na imagem interpolada, podem-se calcular também as zonas de risco. A imagem é reclassificada com a função "*RECLASS"*, obtendo-se a imagem indicada na Figura 55.

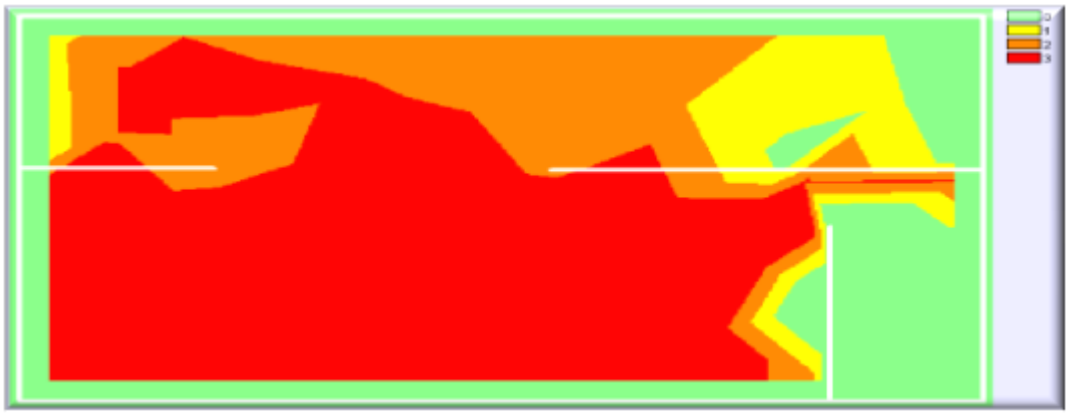


Figura 55 – Níveis de intensidade de ruído por classes

(Fonte: José Estevez, 2004)

Existe uma clara semelhança entre a imagem resultante da interpolação sobre os valores e a imagem original que inclui todos os contributos do ruído, como se observa na Figura 56.

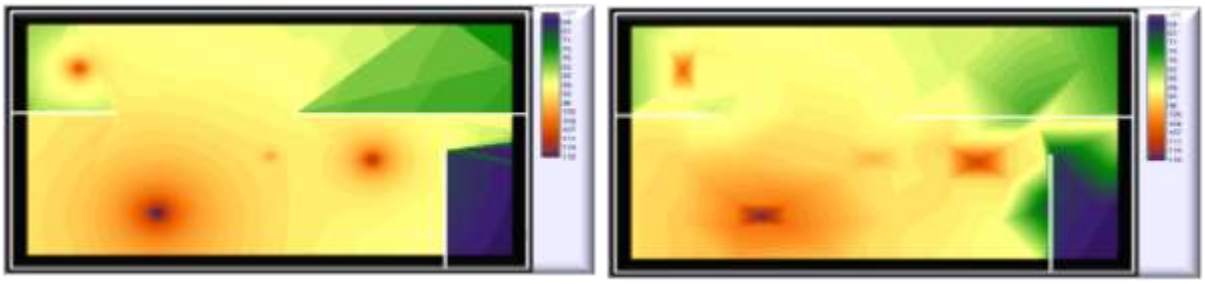


Figura 56 – Comparação entre valores reais e interpolados

(Fonte: José Estevez, 2004)

Contudo, verificam-se nas zonas de transição entre as diferentes salas, variações abruptas do nível de intensidade do ruído que não são acompanhadas na imagem da interpolação, podendo originar resultados diferentes em ambos os casos. Para quantificar o grau de concordância entre as imagens, calculou-se a correlação entre as duas imagens, usando a função de análise estatística "*REGRESS"* sendo os resultados indicados na Figura 57.

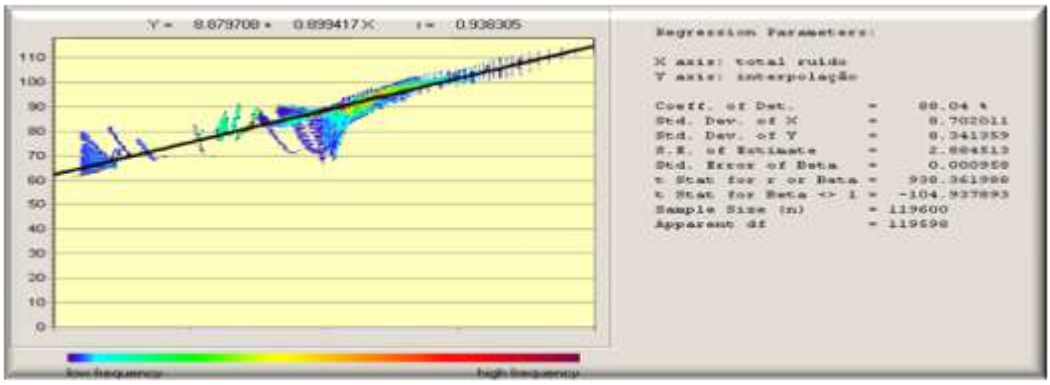


Figura 57 – Regressão linear entre as imagens com valores reais e interpolados

(Fonte: José Estevez, 2004)

Analisando os valores, designadamente *r = 0,938* e desvio padrão da estima = 2,88 dB, conclui-se que a estima é de razoável qualidade e conduz a resultados semelhantes em termos de áreas afetadas. Contudo, pode haver diferenças maiores nos pontos de transição entre salas. Sobre a imagem dos níveis de ruído interpolada, podem-se obter os níveis de exposição diária por trabalhador. As diferenças estão evidenciadas no gráfico da Figura 58.

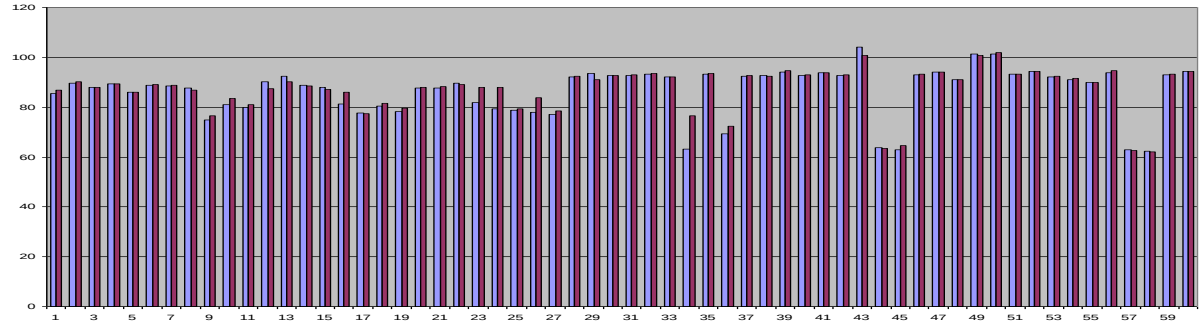


Figura 58 – Diferença entre valor real e valor interpolado por trabalhador

(Fonte: José Estevez, 2004)

Verifica-se assim que as diferenças entre o ruído real e o estimado são muito pequenas, excetuando-se casos pontuais de trabalhadores em zonas de transição mais abrupta.

Para melhorar o resultado obtido, efetuou-se a mesma análise estatística "*REGRESS"* mas limitada por uma máscara correspondente à sala maior, conforme indicado na Figura 59.

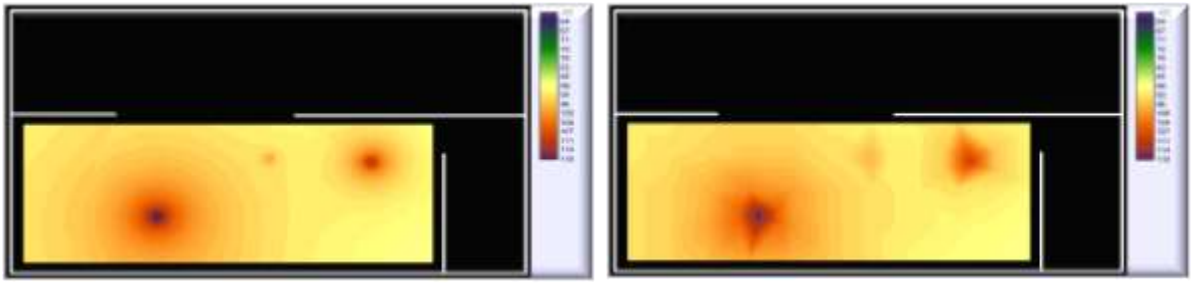


Figura 59 – Comparação entre valores reais e interpolados (janela)

(Fonte: José Estevez, 2004)

Nesta situação, a concordância entre as duas imagens é maior, passando os indicadores estatísticos para *r = 0,986* e o desvio padrão da estima = 0,63 dB, como se vê na Figura 60.

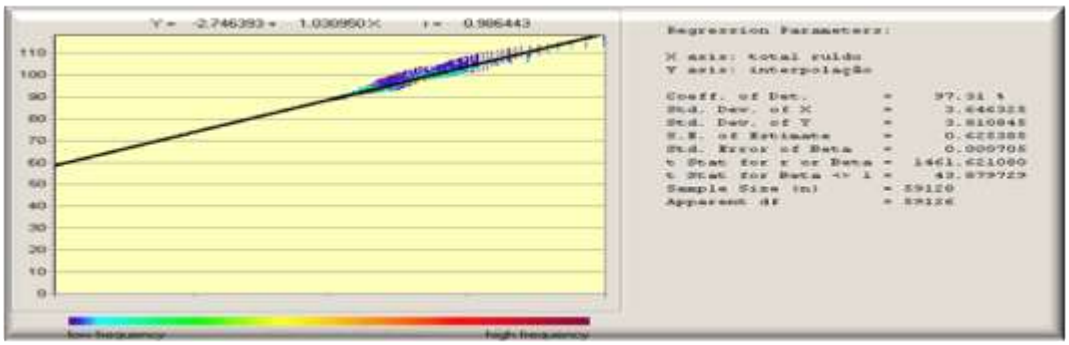


Figura 60 – Regressão linear entre valores reais e interpolados (janela)

(Fonte: José Estevez, 2004)

A prevenção dos riscos relacionados com a exposição ao ruído deve ser contemplada ainda na fase de projeto de qualquer instalação industrial, o que parece ser possível de realizar, por recurso a modelos de previsão. Na fase de projeto de uma instalação industrial, pode conseguir-se uma razoável previsão dos níveis de ruído, originados por fontes de ruído, com base nas potências de ruído emitidas pelas máquinas e equipamentos a instalar e no *layout* da instalação.

Pode assim implementar-se um modelo de previsão dos níveis de ruído num SIG a ser usado com facilidade e com um custo reduzido, onde o cálculo dos níveis de ruído se efetuará com grande rapidez, recorrendo-se à análise do problema em substituição da força bruta do cálculo utilizado em algumas aproximações comerciais (cálculo de raios).

Com as metodologias analisadas, estima-se ser possível identificar, analisar e avaliar o peso das várias componentes de ruído (direto, refletido nos tetos e paredes, transmitido através de paredes e tabiques) para cada fonte de ruído, potenciando a capacidade para o reduzir. As medidas corretivas de ruído podem ser facilmente simuladas num SIG, obtendo-se uma imediata e razoável avaliação do resultado, através de uma grande interatividade.

Estas técnicas são aplicáveis às mais variadas situações, quer de cálculo de ruído interior como exterior, para fontes pontuais ou lineares (linha de comboio, transporte rodoviário à entrada de uma fábrica). Podem ser usadas no contexto de uma unidade fabril para cálculo do ruído interior e exterior ou para a avaliação do ruído urbano numa cidade. É viável avaliar continuamente o impacto do ruído nos trabalhadores, efetuando medidas pontuais com regularidade e produzindo mapas de ruído no SIG através da interpolação de valores.

A interpolação através de redes irregulares de polígono (*TIN*), parece ser assim a mais adequada para transformar medidas pontuais em mapas de ruído. Para além de ser indicada uma metodologia de abordagem ao problema e de cálculo, foi também conseguido o desenvolvimento de uma interessante ferramenta de trabalho para previsão, registo de medidas e produção de mapas de ruído com bastante interesse prático. Importará sempre testar o modelo numa situação real e aferir o seu grau de precisão.

Qualquer modelo é naturalmente uma simplificação de uma realidade mais complexa, conduzindo a resultados mais ou menos ajustados a essa realidade. Provavelmente, ao comparar valores reais medidos com os previstos no modelo, surgiriam algumas diferenças já que não foram contemplados todos os fatores em jogo, como por exemplo, os fenómenos da difração, da absorção em objetos e pessoas e as reflexões secundárias.

Poderiam assim encontrar-se fatores empíricos de correção, com base em campanhas de medidas, transformando o modelo apresentado num modelo semi-empírico, o que poderia conduzir a melhores resultados, em termos da previsão do ruído e consequentemente, da melhor avaliação da exposição dos trabalhadores a esse mesmo ruído.

É ainda importante referir que, se por um lado, este modelo poderá apresentar uma validade relativa do ponto de vista quantitativo, associada a erros importantes entre previsão e medição real, por outro lado, pode ser muito útil do ponto de vista qualitativo para apresentação de dados e para se ter uma primeira ideia das dimensões de eventuais problemas existentes. Em termos comparativos e aproximados, o erro máximo de interpolação *TIN* parece situar-se entre 4 a 5 dB, o que pode ser uma ordem de referência para efeitos de uma análise comparativa futura com valores efetivamente medidos.

2.1.2 Redução de ruído ambiental em área de produção industrial

Este estudo(95) teve como objetivo a descrição detalhada do processo de medida e dos meios de diagnóstico usados na caracterização, avaliação, quantificação e análise do ruído industrial produzido na área de fabrico de cigarros da Tabaqueira – Grupo *Philip Morris*, bem como o estudo das soluções possíveis para a redução do ruído, o desenvolvimento, a implementação dessas soluções e as medidas finais depois da solução aplicada, para comparação com as iniciais.

Constituiu-se ainda como um fator de otimização para a conceção e desenvolvimento de máquinas e equipamentos mais fiáveis, com melhores "performances" produtivas, contribuindo com impactos positivos no aspeto ambiental e na higiene laboral, confirmando-se alguns efeitos de melhoria implementados, tais como:

- ✓ Redimensionamento dos servomecanismos suportados em movimentos alternativos para possibilitar a sua transformação em movimentos de rotação;
- ✓ Aplicação de acionamentos de transmissão direta com comando digital, motores passo-a-passo em substituição dos tradicionais motores universais de rotor bobinado, com transmissão por engrenagens, correias dentadas, ou sincronizadores magnéticos, conseguindo-se maior precisão de movimentos, menor consumo de energia e menor ruído de operação;
- ✓ Introdução alargada de sistemas de controlo remoto através da instalação de sensores e de câmaras de inspeção no interior das máquinas, para permitir o afastamento do operador da máquina e realizar o seu controlo de funcionamento através de plataformas de visualização e operação externas;
- ✓ Adicionalmente, estes sistemas também introduziram melhorias significativas no controlo de gestão destas unidades produtivas, através da avaliação dos desperdícios por contagem, e assim substituindo a avaliação por peso;
- ✓ Estas evoluções verificadas nos sistemas de controlo, permitiram por em prática uma importante solução para este problema, que consistiu no enclausuramento global das máquinas constituintes do conjunto, numa canópia de insonorização que reduz efetivamente a transmissão de ruído para o exterior, privilegiando a posição do operador fora da proximidade das fontes de ruído.

A atividade fabril desenvolve-se no interior de pavilhões onde existem diversas máquinas realizando diferentes funções, dirigidas para a produção de cigarros, no regime de produção por lotes, que constitui o seu produto final.

O ciclo produtivo pode ser caracterizado como intermitente, por existirem diversas interrupções em diferentes máquinas incluídas no conjunto, todavia o ciclo produtivo não é cancelado, devido à criação de "stocks" intermédios que permitem a laboração contínua das máquinas situadas antes, ou depois, da máquina imobilizada. Deste modo, nem mesmo por motivo de avaria cada conjunto pára a sua produção por completo, donde resulta uma situação de constante geração de ruído.

Quando confrontada esta realidade com o número elevado de conjuntos produtivos a operar simultaneamente em cada pavilhão é imediato concluir que o ruído ambiente se mantém praticamente constante.

Ilustra-se esta situação na Figura 61, com o interior do pavilhão para ser mais fácil imaginar a manutenção de um ruído de fundo constante e assim perceber que existe uma multiplicidade de fenómenos de transmissão de vibrações geradores de ruído que, na sua totalidade, criam uma situação de elevada complexidade acústica, podendo identificar-se os conjuntos produtivos, bem como perceber as diferentes máquinas que os compõem e constatar que, devido ao número de equipamentos e pela dimensão do espaço que os aloja, é difícil avaliar localmente o ruído individual de cada máquina.

Figura 61 – Aspeto interior do pavilhão fabril

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Como primeira aproximação ao problema foi encomendada, a uma empresa externa credenciada, a elaboração do mapa acústico do pavilhão, de onde resultou a determinação do parâmetro sonoro $L_{EP,d}$ usado na legislação portuguesa atual, Figura 62.

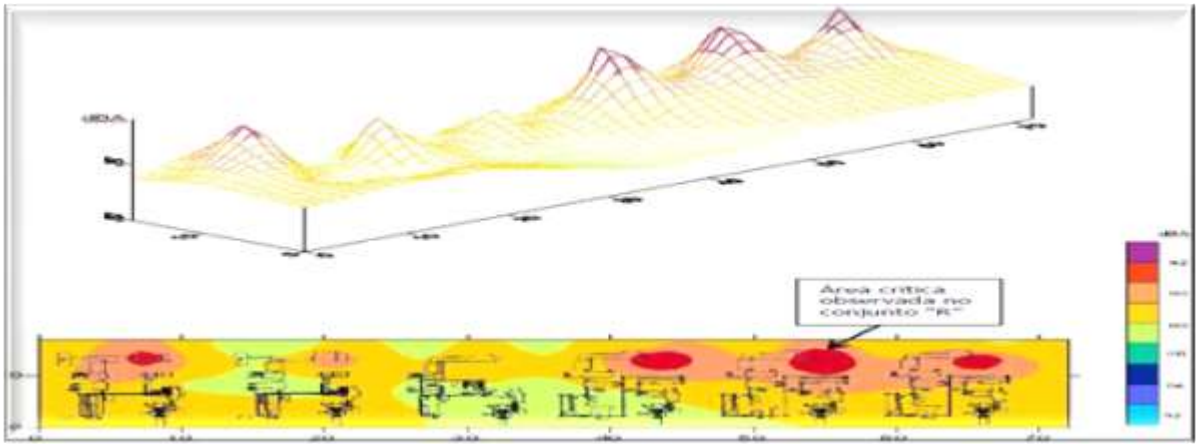


Figura 62 – Mapa acústico da área fabril

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Com vista à identificação das contribuições do ruído dominante utilizou-se a seguinte metodologia de medida e de interpretação dos valores acústicos:

- ✓ Identificação das gamas de frequência mais intensas;
- ✓ Localização dos pontos quentes acústicos;
- ✓ Identificação dos elementos com maior contribuição para a radiação sonora;
- ✓ Análise da transmissão de vibrações ao solo pela máquina.

Com o objetivo de melhor analisar as características do ruído emitido pela máquina, bem como o seu impacto no local de trabalho do operador realizou-se uma análise espectral sonora por bandas de oitava, para identificar as principais gamas de frequência do ruído produzido, e compreender o impacto das alterações vibratórias nas respostas estruturais do equipamento em teste sobre o ruído emitido pelos acoplamentos mecânicos através de engrenagens.

Considerando que a transmissão de potência por eixo girante e um par de engrenagens é nominalmente constante, bem como o ruído emitido, a resposta estrutural deve ser identificada para posterior correção. Adicionalmente, as estruturas envolventes podem ser o elemento responsável por harmónicas de diferentes frequências e permitir:

- ✓ Através da sua intensidade, o diagnóstico das causas do ruído, contribuindo para a sua redução ou eliminação;
- ✓ Analisar os efeitos do contacto simultâneo múltiplo entre os dentes das engrenagens transmissoras de potência, bem como a sua contribuição para o ruído;
- ✓ Analisar os efeitos da ressonância estrutural e identificar os seus agentes.

A medição foi efetuada com um sonómetro integrador com filtros escaláveis para cada frequência central medida, com ponderação "A" e tempo de integração de 5 segundos. Os valores encontrados estão reunidos e apresentados no Quadro 9 e na Figura 63.

Quadro 9 - Medição de ruído por gamas de frequência

		Frequência (Hz)								
	dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Localização	P1	54,1	64,3	73,2	78,1	80,5	80,3	77,4	72,3	60,1
	P2	54,1	65.1	73,4	80,2	83,7	82,6	77,0	71,7	57,2
	P4	53,5	69,4	76,8	80,4	83,7	85,2	83,1	77,1	73,5
	P9	58.7	68.9	75.4	81.2	82.8	84	82.0	76.2	66.1

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Figura 63 – Representação gráfica dos valores medidos

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Para avaliação da qualidade acústica do posto de trabalho, seria suficiente medir o Nível de Pressão Sonora, porém esta medida é insuficiente no âmbito do programa "*MANCO - MAker Noise COntrol",* uma vez que se pretende efetuar alterações em órgãos de máquinas geradores de ruído, todavia considerando que, através deste método, a quantificação de ruído em máquinas e a potência sonora irradiada por qualquer órgão são independentes da sua localização, das condições ambientais e da sua distancia ao ponto de medida, concluiu-se que os resultados assim obtidos também não serviriam o programa "*MANCO"*.

Por outro lado, no interior dos equipamentos as fontes de ruído não produzem um ruído omnidirecional mas, antes pelo contrário, são direcionais, irradiando mais energia numa direção do que noutra, constituindo a sua diretividade uma característica importante da fonte sonora, optou-se pela medição do Nível de Intensidade Sonora.

A recolha dos valores medidos de intensidade acústica, Figura 64 e Quadro 10, oriundos das máquinas apresentam valores com intervalo de 0,2 m entre centros de captação.

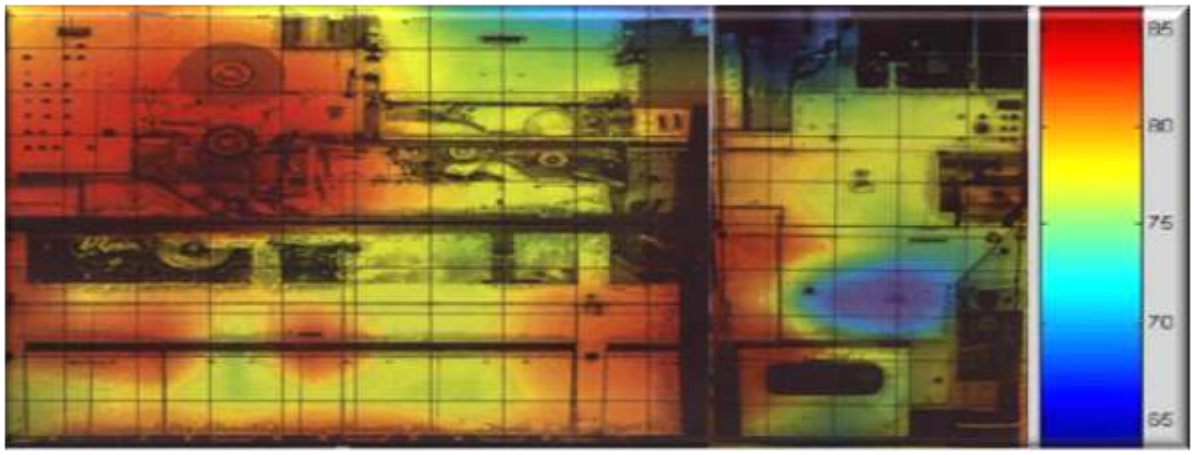


Figura 64 – Transcrição cromática da pressão acústica nas máquinas

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Quadro 10 - Valores medidos de intensidade acústica nas máquinas

78,5	79,8	79,9	78,5	77,3	77,5	73,1	71,8	70,1	68,8	66,8	68,5	69,3	70,3	73,1	2,0 m
79,6	80,5	81,2	81,0	80,5	78,5	76,8	76,1	75,5	76,1	68,1	72,7	74,0	73,9	74,5	1,8 m
81,4	82,1	83,9	83,9	82,3	79,1	77,0	77,5	78,8	80,5	77,0	75,6	76,9	77,4	77,6	1,6 m
82,8	83,2	84,6	86,1	84,0	79,6	77,8	79,0	77,8	80,5	79,6	78,8	77,8	77,8	79,6	1,4 m
83,3	84,0	85,6	86,0	83,1	79,6	78,2	77,5	77,5	80,3	79,3	77,5	77,0	79,6	80,7	1,2 m
83,5	78,2	79,5	78,2	76,6	78,1	76,5	76,6	77,5	83,3	82,2	78,5	74,7	74,0	77,5	1,0 m
82,7	79,6	79,6	79,2	78,5	77,6	77,5	79,6	80,5	83,3	79,7	67,8	63,6	73,1	77,0	0,8 m
80,7	81,6	82,9	76,6	82,9	78,2	78,2	80,1	81,8	84,8	84,2	78,8	77,0	78,5	78,8	0,6 m
77,6	77,6	78,6	77,0	77,8	77,5	77,0	79,2	80,1	81,8	80,3	76,1	75,5	80,1	80,1	0,4 m
78,0	80,8	80,9	81,0	82,0	81,6	80,1	80,1	80,1	80,1	76,8	73,0	78,5	79,2	80,3	0,2 m
									MAX						

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Foram realizadas também análises em frequência das intensidades sonoras, bem como nas outras posições de trabalho. Adicionalmente, o equipamento *Brüel & Kjaer* utilizado também permitiu fazer uma interpretação cartográfica da intensidade do ruído em modo 3D, tal como mostra a Figura 65, representado como um volume facetado, de acordo com os valores da intensidade sonora em cada direção, podendo inferir-se dois tipos de informação:

- ✓ Intensidade Sonora – representada pela tonalidade de cada face constituinte do volume, desde o azul (baixo nível sonoro) até ao vermelho (alto nível) numa escala de 10 dB de intensidade, com início no azul-escuro que representa 75 dB(A);
- ✓ Direção de Incidência Sonora – representada por um vetor perpendicular a cada face constituinte do volume.

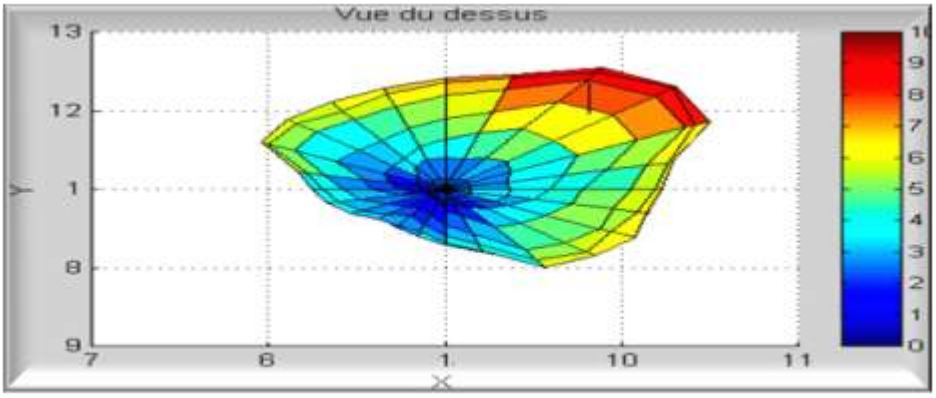


Figura 65 – Volume representativo da intensidade sonora – vista superior

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Conjugando todas as medições para cada gama de frequências, obteve-se a Figura 66.

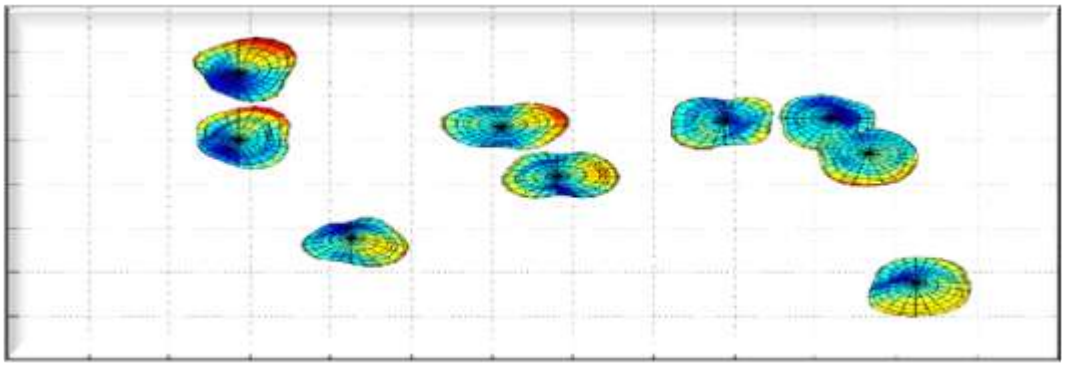


Figura 66 – Representação da intensidade sonora medida em vários pontos

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Esta medição permitiu a avaliação espectral do ruído simultâneo produzido pelo conjunto das máquinas em laboração, verificando-se que o intervalo de frequências predominante do som emitido se encontra entre os 500 Hz e os 4000 Hz, oriundo sobretudo de ventiladores, de lâminas de corte e de transmissões mecânicas de movimento.

Os valores totais do nível de pressão sonora, medidos para as máquinas e apresentados na Figura 64 são muito baixos (valor máximo instantâneo registado de 86,1 dB) quando confrontados com o valor limite de pico da legislação portuguesa (L_{Cpeak} = 140 dB(C)), podendo assim concluir-se que sendo este o tipo de ruído generalizado na área fabril, devido à semelhança entre os equipamentos instalados, (ruído constante com fraco valor impulsional) este parâmetro não se verifica ser problemático na avaliação acústica realizada. Relativamente à medição do nível de exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o período laboral ($L_{EP,d}$) e considerando que este é variável com(102):

- ✓ A localização do ponto de medida;
- ✓ A proximidade dos outros equipamentos;
- ✓ A potência e velocidade de funcionamento desses mesmos equipamentos no instante da medição;
- ✓ O ruído ambiente existente na área produtiva (resultante do somatório logarítmico de todas as fontes operando em simultâneo).

Este nível deverá ser ponderado através de um estudo que contabilize o tempo relativo à presença do trabalhador junto aos equipamentos fonte de ruído de modo a poder determinar-se com precisão qual o nível de ruído global a que este está exposto, de forma a poder ser comparado com o limite referido na legislação portuguesa.

Através das medições realizadas, verifica-se que a gama de frequências dominante que maior contribuição oferece para o campo sonoro radiante e que tem impacto direto no operador, situa-se entre os 3400 Hz e os 6800 Hz, devendo assim ser reduzidos para valores inferiores a 85 dB(A).

As medidas de vibrações foram realizadas em nove pontos de referência, indicados na Figura 67 e caracterizados como os mais críticos locais de carga da máquina sobre o solo:

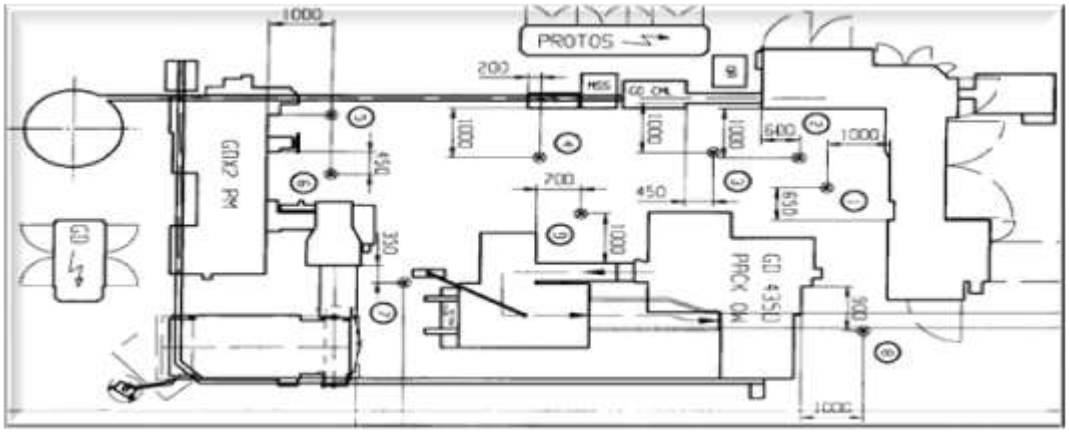


Figura 67 – Sinalização dos pontos críticos considerados para análise de vibrações

(Fonte: Artur Neves, 2007)

A Figura 68 ilustra como as vibrações da máquina são transmitidas pelo solo através de um "*SilentBloc*" que serve de apoio num dos pontos de referência, enquanto sistema elástico amortecido, constituído simbolicamente pela associação em paralelo de mola / êmbolo submetidos à ação de forças exteriores, constantes do tipo periódica sinusoidal, que pode ser analisada em série de *Fourier* e em que pode aplicar-se o princípio da sobreposição.

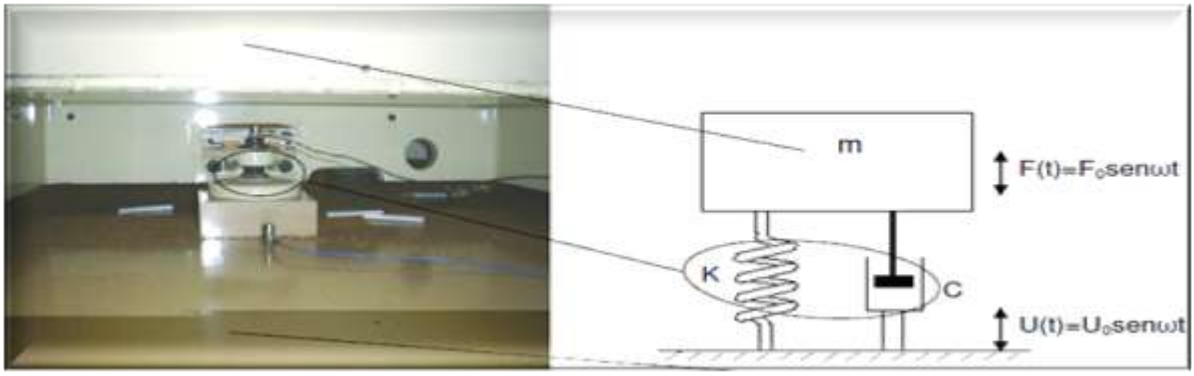


Figura 68 – Identificação teórica de um "*SilentBloc*"

(Fonte: Artur Neves, 2007)

As medidas de vibrações executadas, através de sensores piezoelétricos, permitiram caracterizar as vibrações da máquina e desta ao solo, numa gama entre os 20 Hz e os 10 kHz, tendo sido escolhidos estes limites, para permitir a caracterização dentro da faixa audível, considerando que o objetivo pretendido é a melhoria das condições de trabalho.

Em cada um dos pontos considerados foi ainda colocado um acelerómetro *Brüel & Kjær*, com uma curva de resposta em frequência típica de 10 Hz, Figura 69, tendo um sido ajustado para gravar as vibrações transmitidas ao solo segundo um eixo vertical "z", captando as vibrações diretamente do pavimento e outro do lado da fonte (colado à máquina com fita adesiva em ambas as faces) próximo do ponto de transmissão ao solo.

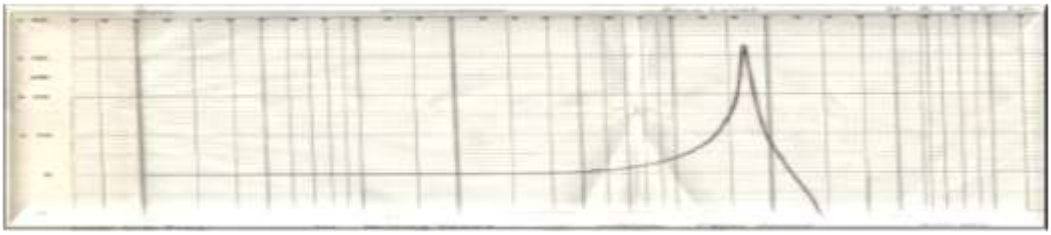


Figura 69 – Curva de resposta (transmissibilidade em dB versus frequência em Hz)

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Nos resultados medidos, teve-se em conta que:

- ✓ A escala de frequências considerada não permite qualquer avaliação sobre as vibrações do edifício que estarão tipicamente entre os 0,1 e os 10 Hz;
- ✓ A medida efetuada (sobre um eixo vertical "z") fornece informações sobre a radiação de ruído potencial do pavimento e da base das máquinas;
- ✓ A função de transferência entre a máquina e as vibrações do pavimento não permitem determinar o coeficiente de transmissibilidade intrínseco ("T") característico do "*SilentBloc*", porque:
  - ➢ Ambos os acelerómetros não discriminam entre vibrações que se propagam através da base da máquina para o apoio e vibrações dispersas provocadas por outros órgãos mas com efeito no eixo "z";
  - ➢ A frequência de ressonância dos apoios está tipicamente numa escala de frequências inferior à medida.

Os resultados obtidos permitiram a identificação dos pontos quentes "hot spots" do nível de vibrações encontrados no conjunto em estudo e assinalados na Figura 70.

Figura 70 – Representação dos pontos quentes do conjunto em estudo

(Fonte: Artur Neves, 2007)

A Figura 71 mostra a amplitude da vibração segundo o eixo "z", numa escala de 20 Hz a 10 kHz, gravado nos pontos de referência para avaliação das vibrações.

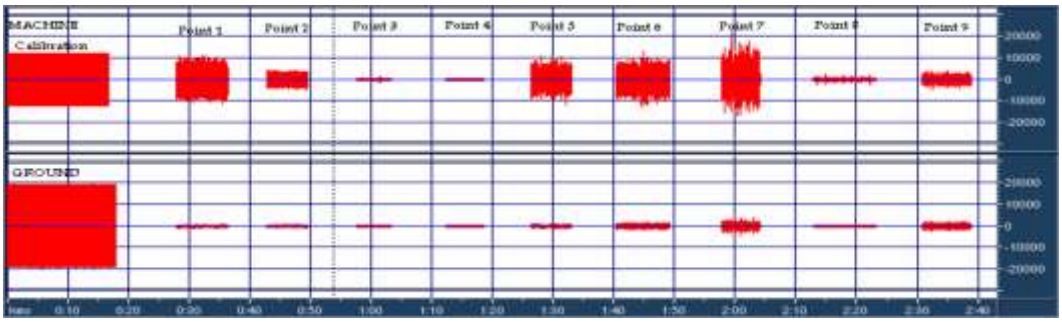


Figura 71 – Amplitude das vibrações medidas segundo o eixo "z"

(Fonte: Artur Neves, 2007)

No Quadro 11 e no Quadro 12, assinalam-se as frequências dominantes do nível de vibração medido no conjunto de máquinas e do nível de transmissão destas para o solo.

Quadro 11 - Nível de vibração do conjunto

F min (Hz)	20	40	80	160	320	640	1280	2560	5120
F max (Hz)	40	80	160	320	640	1280	2560	5120	10240
Ponto 1		X			X	X			
Ponto 2					X				
Ponto 3									
Ponto 4									
Ponto 5						X	X		
Ponto 6							X		
Ponto 7					X	X	X	X	
Ponto 8									
Ponto 9					X				

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Quadro 12 - Transmissão de vibrações do conjunto para o solo

F min (Hz)	20	40	80	160	320	640	1280	2560	5120
F max (Hz)	40	80	160	320	640	1280	2560	5120	10240
Ponto 1	X	X	X						X
Ponto 2	X	X	X						
Ponto 3	X	X	X	X	X		X	X	
Ponto 4	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ponto 5	X	X	X	X					
Ponto 6	X	X	X	X	X			X	
Ponto 7	X	X	X					X	
Ponto 8	X	X	X						X
Ponto 9		X						X	

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Da análise das medições efetuadas, concluiu-se que a gama de frequências dominante no âmbito das vibrações, devido ao funcionamento da máquina e da transmissão destas ao solo, bem como da sua contribuição para o ambiente e para o campo sonoro radiante, situa-se entre os 40 e os 320 Hz.

Em resumo, os pontos fundamentais a necessitar de solução:

1) Controlo do campo sonoro direto, onde as frequências emitidas pelos "pontos quentes" se situam entre os 1700 Hz e os 6800 Hz;
2) Controlo do campo sonoro difuso, onde o ruído de reverberação se situa entre os 850 Hz e os 3400 Hz;
3) Controlo do campo sonoro refletido pelo solo, decorrente da transmissão de vibrações conjunto/solo;
4) Controlo do campo sonoro difuso global, devido às reflexões nas paredes e noutros equipamentos vizinhos, também compreendido numa gama de frequências entre os 850 Hz e os 3400 Hz;

5) Controlo do campo estacionário, no mínimo de três contribuições predominantes com frequências entre os 1700 Hz e os 6800 Hz.

O tratamento dos problemas enumerados e quantificados não tem uma solução fácil nem sequer única e também, tal como vem referido na legislação portuguesa, o estabelecimento de um plano de redução de ruído deverá passar pela adoção de diferentes soluções tanto na vertente acústica como na vertente vibratória, que sejam complementares e ambas conducentes com o objetivo comum de redução do nível global de ruído ambiente, tendo-se identificado as seguintes possibilidade de solução:

1) Redução do Ruído Difuso:
   - Teto e pavimento acústicos;
   - Paredes acústicas;
   - Elementos absorssores acústicos de suspensão.
2) Redução do Ruído na Fonte:
   - Substituição das juntas de borracha dos resguardos de proteção das superfícies metálicas de encosto;
   - Substituição das proteções danificadas que não realizem um encosto perfeito entre superfícies confinantes;
   - Eliminação de todas as aberturas que existam na envolvente das máquinas;
   - Montagem de juntas de borracha nas zonas aplicáveis de encosto ou junção de superfícies metálicas, com particular incidência em todos os resguardos de proteção que os não possuam de origem;
   - Afinação dos circuitos de aspiração por vácuo dos tambores de transferência;
   - Eliminação das fugas de ar comprimido e montagem de unidades silenciadoras nas zonas de escape;
   - Eliminação das perdas de vácuo nos circuitos, por sujidade ou outro motivo;
   - Alteração da forma dos resguardos de proteção, (subdivisão e travamentos das superfícies lisas) dos órgãos cortantes;
   - Afiamento das lâminas.

Em função dos locais de aplicação das medidas e de outras considerações de carácter prático relativamente à operacionalidade dos equipamentos, foram escolhidos qualitativamente 5 materiais insonorizadores para aplicar no interior do revestimento exterior das máquinas, cuja associação em painéis pode conduzir à obtenção da solução pretendida:

- ✓ Lã mineral com revestimento têxtil de 30 mm, designado por *PBA*;
- ✓ Lã mineral com papel numa face de 40 mm, designado por *HDF Isover*;
- ✓ Placa de *Apiphon* com 20 mm de espessura;
- ✓ Prancha de aglomerado de madeira *Novopane* com 22 mm de espessura, revestida com uma camada de 3,2 mm de *Pavatex*;
- ✓ Placas de espuma de borracha natural com 32 mm de espessura.

Com a estrutura de medição para a avaliação do ruído, procedeu-se a nova medição para, em comparação com a anterior, evidenciar as diferenças obtidas com o desenvolvimento desta solução.

Como se vê no Quadro 13, o resultado da medição da intensidade sonora, apresenta um "cancelamento" dos pontos quentes de ruído nas zonas críticas identificadas na máquina, surgindo agora com valores médios entre 70 dB(A) e 75 dB(A).

Quadro 13 - Registo dos valores medidos com os resguardos fechados

2.0 m	1.8 m	1.6 m	1.4 m	1.2 m	1.0 m	0.8 m	0.6 m	0.4 m	0.2 m	0.2 m	0.4 m	0.6 m	0.8 m	1.0 m	
74.8	74.8	72.9	71.8	73.1	74.8	75.5	74.6	74.8	76.1	76.1	76.1	76.6	77.0	77.5	2.0 m
76.9	76.1	74.0	71.8	74.8	77.4	76.4	76.7	77.5	77.6	77.0	77.0	77.8	78.2	78.4	1.8 m
79.2	77.5	74.9	73.2	76.1	78.2	76.6	78.8	79.8	79.2	78.8	77.8	78.2	78.5	79.9	1.6 m
80.2	78.8	76.2	75.2	75.5	76.6	77.0	78.2	79.6	80.1	80.0	78.2	78.5	78.2	80.1	1.4 m
80.9	79.9	77.7	75.3	75.5	76.6	76.6	77.5	79.0	80.8	80.5	79.1	77.8	78.2	79.1	1.2 m
81.0	81.4	78.5	75.5	74.9	74.9	75.2	76.0	78.1	79.3	79.5	78.2	77.5	77.5	79.1	1.0 m
81.5	81.0	78.8	76.2	74.9	71.8	73.9	75.2	78.6	78.6	79.2	77.5	76.1	77.6	79.1	0.8 m
79.1	78.9	76.9	74.8	73.1	72.5	73.1	74.1	77.9	78.1	78.8	76.6	75.5	77.6	78.8	0.6 m
76.6	75.5	73.1	72.0	72.2	72.0	72.0	74.0	74.8	74.2	74.9	75.8	76.8	77.5	78.8	0.4 m
75.5	74.0	72.8	73.1	73.1	73.1	72.5	75.5	76.1	74.0	76.1	76.1	78.6	78.8	80.5	0.2 m
MAX										SE					

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Pela comparação das duas malhas de medições da intensidade sonora pode observar-se o cancelamento dos pontos quentes dominantes, anteriormente identificados com valores em torno dos 85 dB(A) nas zonas da bobina de papel de filtro e nas caixas de recolha do desperdício.

Com os resguardos fechados e com os absorssores inferiores instalados, a emissão de ruído é mais homogéneo, apresentando valores de intensidade sonora em torno dos 75 dB(A) ou inferior.

De forma mais precisa, apresenta-se o Quadro 14 com as diferenças encontradas entre as duas medidas realizadas em iguais condições de funcionamento da fábrica e dos equipamentos instalados, em produção normal, mas em diferentes condições de propagação de ruído após a insonorização efetuada na área.

Quadro 14 - Diferenças de nível de intensidade sonora com os resguardos fechados

2.0 m	1.8 m	1.6 m	1.4 m	1.2 m	1.0 m	0.8 m	0.6 m	0.4 m	0.2 m	0.2 m	0.4 m	0.6 m	0.8 m	1.0 m	
-3.7	-5.0	-7.0	-6.7	-4.2	-2.7	2.4	2.8	4.7	7.3	10.3	7.6	7.3	6.7	4.4	2.0 m
-2.7	-4.4	-7.2	-9.2	-5.7	-1.1	-0.2	0.6	2.0	1.5	8.9	4.3	3.8	4.3	3.9	1.8 m
-2.2	-4.6	-9.0	-10.7	-6.2	-0.9	-0.4	1.3	1.0	-1.3	1.8	2.2	1.3	1.1	2.3	1.6 m
-2.6	-4.4	-8.4	-10.9	-8.5	-3.2	-0.8	-0.8	1.8	-0.4	0.4	-0.6	0.7	0.4	0.5	1.4 m
-2.4	-4.1	-7.9	-10.7	-7.6	-3.0	-1.6	0.0	1.5	0.5	1.2	1.6	0.8	-1.4	-1.6	1.2 m
-2.5	3.2	0.0	-2.7	-1.7	-3.2	-1.3	-0.6	0.6	-4.0	-2.7	-0.3	2.8	3.5	1.6	1.0 m
-1.2	2.2	-0.8	-3.0	-3.6	-6.0	-3.6	-4.4	-1.9	-4.7	0.5	9.7	12.5	4.5	2.1	0.8 m
-1.6	-2.9	-6.0	-1.8	-9.7	-5.7	-5.1	-6.0	-3.9	-6.7	-5.4	-2.2	-1.5	-0.9	0.0	0.6 m
-1.0	-2.3	-5.7	-5.0	-5.6	-5.5	-5.0	-5.2	-5.3	-7.6	-5.4	-0.3	1.3	-2.6	-1.3	0.4 m
-2.5	-6.8	-8.0	-7.9	-8.9	-8.7	-7.6	-4.6	-4.0	-6.1	-0.4	3.1	0.1	-0.4	0.2	0.2 m
MAX										SE					

(Fonte: Artur Neves, 2007)

Com a medição do ruído na posição de trabalho do operador a 1 m da máquina e a uma altura de 1,6 m, o nível de ruído global com os três protetores fechados é reduzido de 4,6 dB(A) em comparação com a medida efetuada sem resguardos.

No Quadro 15 encontram-se reunidos, de uma forma global, os valores de redução de ruído conseguidos com as medidas corretoras realizadas em todas as máquinas do conjunto, considerando agrupamentos de soluções e subconjuntos de máquinas, estabelecidos pela posição relativa do operador na sua atividade normal. Os valores médios registados resultam da diferença entre os níveis de medição da pressão sonora, executada nos conjuntos produtivos, "com" e "sem", redução do ruído produzido pelo seu funcionamento.

Apresenta-se no Quadro 15 a redução efetiva de ruído, considerando-se na horizontal: as máquinas e as soluções desenvolvidas e implementadas, e na vertical: os pontos críticos correspondentes à localização do operador no seu trabalho normal.

Quadro 15 - Redução de ruído global em dB(A)

MAQUINAS	ACÇÕES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Media	Global
PROTOS	Paineis sob a maq.	-1,0	-1,3	-1,5	-2,3	-2,1	-2,1	-2,2	-1,2	-0,6	-1,6	
GDX2	Paineis sob a maq.	-2,5	-2,6	-3,1	-2,8	-3,0	-3,0	-1,2	-3,0	-0,9	-2,5	
PROTOS + GDX2	Paineis sob a maq.	-1,2	-1,5	-1,9	-2,7	-2,8	-2,8	-2,2	-2,6	-1,0	-2,1	-2,1
PROTOS+GDX2 + GD4350	Paineis sob a maq.	-1,4	-1,6	-1,9	-2,9	-2,9	-2,9	-1,9	-2,5	-0,6	-2,1	
GDX2 + GD4350	Paineis sob a maq.	-1,4	-1,5	-3,2	-2,9	-2,9	-2,8	-3,6	-3,3	-0,7	-2,5	
PROTOS	P. sob e na frente maq.	-5,1	-0,4	-6,3	-7,2	-6,8	-6,8	-7,0	-6,7	-4,5	-5,6	
GDX2	P. sob e na frente maq.	-7,2	-7,4	-9,0	-6,6	-9,8	-8,8	-6,6	-7,7	-1,2	-7,1	
PROTOS + GDX2	P. sob e na frente maq.	-6,1	-4,4	-6,5	-8,2	-9,1	-8,1	-6,9	-7,6	-1,4	-6,5	-6,5
PROTOS+GDX2 + GD4350	P. sob e na frente maq.	-6,3	-4,8	-6,0	-7,9	-8,9	-8,9	-6,2	-7,4	-1,1	-6,4	
GDX2 + GD4350	P. sob e na frente maq.	-6,0	-6,2	-5,9	-8,6	-9,4	-9,7	-5,9	-7,6	-1,3	-6,7	
PROTOS	P. sob + frente + amortec.	-5,8	-5,7	-7,9	-10,0	-9,6	-9,6	-6,6	-8,5	-6,0	-7,7	
GDX2	P. sob + frente + amortec.	-9,6	-8,6	-10,5	-8,9	-9,5	-9,8	-6,6	-7,9	-0,7	-8,0	
PROTOS + GDX2	P. sob + frente + amortec.	-6,8	-5,1	-8,5	-8,8	-9,6	-9,7	-6,8	-7,8	0,0	-7,0	-7,4
PROTOS+GDX2 + GD4350	P. sob + frente + amortec.	-6,2	-6,4	-7,7	-9,0	-9,4	-9,4	-6,7	-7,5	-0,8	-7,0	
GDX2 + GD4350	P. sob + frente + amortec.	-7,9	-8,0	-7,4	-8,9	-9,3	-9,6	-6,9	-7,3	-0,6	-7,3	
PROTOS	amortecedores	-2,4	-2,9	-3,6	-6,0	-5,5	-5,5	-3,1	-3,8	-2,4	-3,9	
GDX2	amortecedores	-6,3	-8,2	-5,4	-4,1	-4,2	-4,6	-2,3	-2,8	-0,8	-4,3	
PROTOS + GDX2	amortecedores	-3,7	-4,6	-5,9	-4,7	-4,6	-4,7	-4,1	-3,3	-0,6	-4,0	-4,0
PROTOS+GDX2 + GD4350	amortecedores	-3,3	-4,4	-5,6	-5,0	-4,7	-4,6	-3,8	-3,7	-0,9	-4,0	
GDX2 + GD4350	amortecedores	-4,1	-4,5	-4,6	-4,6	-4,5	-4,4	-2,0	-3,1	-0,5	-3,6	
PROTOS	pavimento falso	-0,1	-0,4	-0,6	-0,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,2	-2,1	-0,7	
GDX2	pavimento falso	-0,4	-0,3	-1,2	-1,0	-0,6	-0,8	-1,5	-0,4	-1,8	-0,9	
PROTOS + GDX2	pavimento falso	-0,3	-0,7	-0,6	-0,7	-0,9	-0,9	-0,8	-0,2	-2,0	-0,8	-0,8
PROTOS+GDX2 + GD4350	pavimento falso	0,0	-0,4	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	0,0	-2,1	-0,8	
GDX2 + GD4350	pavimento falso	-0,2	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0	-1,4	-0,1	-1,6	-0,8	

(Fonte: Artur Neves, 2007)

As reduções contabilizadas correspondem à média das diferenças aritméticas registadas "com" e "sem" medidas de redução aplicadas, representando uma redução global do ruído ambiente correspondente à melhoria de condições laborais, assim resumidas:

- ✓ Painéis absorssores instalados sob as máquinas – 2,1 dB(A)
- ✓ Painéis absorssores instalados sob e na frente das máquinas – 6,5 dB(A)
- ✓ Painéis absorssores instalados sob, na frente e com antivibráticos – 7,4 dB(A)
- ✓ O efeito isolado dos apoios antivibráticos correspondeu a – 4,0 dB(A)
- ✓ O efeito isolado do pavimento falso correspondente a – 0,8 dB(A)

Este último recurso, relativo ao pavimento falso, não foi implementado devido aos problemas de higiene, ergonomia e perigo potencial de queda que resultavam da sua aplicação.

2.1.3 Arquitetura de um sistema de gestão do ruído em ambiente industrial

Este estudo(96), realizado pelo Autor, no âmbito da dissertação da sua *Tesina de Doutoramento em Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo*, defendida em outubro de 2007 no *Departamento de Ciencias Biomédicas da Universidad de León* – Espanha, e orientada pelo Professor Doutor Javier Madera Garcia e coordenada pelo Professor Doutor Serafín de Abajo Olea, teve como objetivo o desenvolvimento de um método de avaliação dos riscos resultantes da exposição dos trabalhadores ao ruído em ambiente industrial, por recurso à metodologia de interpolação de triângulos irregulares (*TIN*) para produção de mapas e gráficos de ruído sobre uma ferramenta SIG, constituindo-se como um dos recursos a utilizar no desenvolvimento aplicacional da Tese do mesmo programa de Doutoramento.

A filosofia de abordagem desta problemática, incorporada numa garantia de cumprimento da Diretiva 2003/10/CE, de 06 de Fevereiro, transposta para a legislação portuguesa no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 06 de setembro, em conjunto com tecnologias recentemente desenvolvidas e já parte integrante dos equipamentos de medida e de modelação, permitem uma postura "pró ativa" que possibilita uma planificação da gestão dos horários de trabalho, função dos bastante prejudiciais impactos do ruído.

Na certeza de que a prevenção da eminência dos riscos deve começar, sempre que possível, ainda em fase de projeto de qualquer instalação industrial, pode-se conseguir uma boa previsão dos níveis de ruído, originados por fontes de ruído, com base nas potências de ruído emitidas pelas máquinas e equipamentos a instalar e no *layout* da instalação.

Simulando a fase de projeto de instalação industrial – abril de 2007, pretendeu-se obter uma previsão dos níveis de ruído gerados pelas fontes de ruído de maior significado nas zonas de trabalho, com base nas potências de ruído emitidas pelas máquinas e equipamentos a instalar (fornecidas pelo fabricante ou medidas previamente), arbitrando-se a localização das fontes de ruído dentro da nave, as dimensões e as características do edifício, a localização dos postos de trabalho e o tempo de exposição dos trabalhadores ao ruído.

Para a implementação desta metodologia de análise tentou-se identificar um Sistema de Informação Geográfica (SIG) do tipo matricial, com grande divulgação na comunidade científica nacional e internacional e com baixo custo, com vista a possibilitar o seu uso generalizado como ferramenta de trabalho.

2.1.3.1 Seleção da Ferramenta SIG

Para tal foi escolhido o SIG *IDRISI*, tendo-se optado pela utilização da versão *14.01* (*Kilimanjaro*), por questões de disponibilidade logística e de custos. O SIG *IDRISI* é um sistema de informação geográfica e um *software* para processamento de imagens desenvolvido pela *Graduate School of Geography da Clark University, U.S.A.*, tendo sido projetado para ser um instrumento para pesquisa geográfica profissional baseado no baixo custo e sem fins lucrativos.

Desde a sua introdução em 1987, o *IDRISI* vem crescendo e tornando-se o SIG *raster* e de processamento de imagens para microcomputadores de maior difusão no mercado. Este sistema tem vindo a ser utilizado em mais de 175 países em todo o mundo numa ampla gama de pesquisas, em organismos públicos, no planeamento local, como fonte de gestão e em instituições educacionais.

O *IDRISI* é sustentado por uma equipa dedicada em tempo integral ao seu desenvolvimento, ao apoio técnico e ao atendimento ao utilizador profissional, nos *Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, George Perkins Marsh Institute, Clark University*. Durante o seu desenvolvimento inicial, houve apoio parcial do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – Banco de Dados sobre Recursos Globais (*UNEP/GRID*)[37], do Instituto das Nações Unidas para a Formação e Pesquisa (*UNITAR*)[38] e da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (*USAID*)[39]. Hoje, pese embora todo o apoio venha da venda do *software*, mantêm-se estreitas relações com estas e outras agências de desenvolvimento, na tentativa de prover um custo acessível aos instrumentos de análise geográfica.

O *IDRISI* é líder na funcionalidade analítica "*raster"*, cobrindo todo o espectro de necessidades SIG e de sensoriamento remoto, desde consulta a banco de dados e modelagem espacial até realce e classificação de imagens. Inclui facilidades especiais para monitorização ambiental e gestão de recursos naturais, bem como análise de séries temporais/mudanças, apoio à decisão por critérios múltiplos; análise de incerteza (incluindo análises *Bayesianas*[40]*, Dempster Shafer*[41] e de conjuntos *Fuzzy*[42]) e modelagem de simulação (incluindo modelagem de força e análise de atrito anisotrópico). Apesar da natureza altamente sofisticada destas funções, o sistema é muito fácil de utilizar.

Entretanto, já foram lançadas duas novas versões do SIG *IDRISI*: a versão *14.02* (*Kilimanjaro*) lançada em abril de 2003 e a versão 15 (*Andes*) lançada em abril de 2006, cujas otimizações, contudo, não influenciam o propósito final deste trabalho e a mais-valia que representa a utilização da metodologia de base, por recurso este Sistema de Informação Geográfica. O custo de aquisição "on-line", em *www.idrisi.com*, do *IDRISI Andes*, para os utilizadores "*General*" e "*Corporate*" era, em 2007, de *$1.250,00 USD* para "*Single Seat General License"* e de *$500,00 USD* para *Multi-Seat License*, o que representa um investimento relativamente baixo comparado com as enormes potencialidades que oferece.

Existem disponíveis o mercado outras ferramentas SIG, cada uma com o seu grau de sofisticação nas mais diversas vertentes e nos seus destinos aplicacionais especializados que, não tendo cariz de enquadramento menos comercial que o *IDRISI* apresenta, acabam por estar associados a custos de investimento significativos. Alguns exemplos:

---

[37] *UNEP/GRID - United Nations Environment Programme / Global Resource Information Database*.
[38] *UNITAR - United Nations Institute for Training and Research*.
[39] *USAID - United States Agency for International Development*.
[40] A inferência *bayesiana* é um tipo de inferência estatística que descreve as incertezas sobre quantidades invisíveis de forma probabilística. Incertezas são modificadas periodicamente após observações de novos dados ou resultados. A operação que calibra a medida das incertezas é conhecida como operação *bayesiana* e é baseada na fórmula de *Bayes*. A fórmula de Bayes é muitas vezes denominada Teorema de *Bayes*.
[41] A teoria *Dempster–Shafer* é uma teoria matemática da evidência que permite combinar a evidência de diferentes fontes e chegar a um grau de credibilidade (representada por uma função de credibilidade) que tem em conta toda a evidência disponível. A teoria foi inicialmente desenvolvida por *Arthur P. Dempster* e *Glenn Shafer*.
[42] Os Conjuntos *Fuzzy* e a Lógica *Fuzzy* provêm a base para geração de técnicas poderosas para a solução de problemas, com uma vasta aplicabilidade, especialmente, nas áreas de controlo e tomada de decisão. A força da Lógica Fuzzy deriva da sua habilidade em inferir conclusões e gerar respostas a partir de informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas. Neste aspeto, os sistemas de base *Fuzzy* têm habilidade de raciocinar de forma semelhante à dos humanos. O seu comportamento é representado de maneira muito simples e natural, levando à construção de sistemas compreensíveis e de fácil manutenção. < *users.femanet.com.br/~fabri/fuzzy.htm*>

- ***RAYNOISE*** – *Software* de previsão de Ruído Industrial em Interiores – é um programa avançado de análise, projetado para a simulação do comportamento acústico no interior de um volume fechado de forma arbitrária, em qualquer espaço aberto ou uma combinação qualquer dos dois tipos de campos. A empresa criadora do *RAYNOISE* é a *LMS Numerical Technologies*, uma empresa Belga, líder no sector dos produtos *CAE*[43] (Engenharia Assistida por Computador) aplicados a temas de vibrações e acústica. A investigação e o desenvolvimento dos produtos de *LMS* são realizados em colaboração com a Universidade de *Louvain*, cuja tradição em termos de vibroacústica é muito forte e bem reconhecida pela comunidade científica mundial. Investimento mínimo aproximado de €30.401,25.

- ***CadnaA*** – *Software* de previsão de Ruído Ambiental em Exteriores – é, na sua versão 3.4, o mais recente desenvolvimento da empresa *DataKustik GmbH*, especialmente otimizado para dar resposta às obrigações constantes do Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro. *CadnaA* (***C****omputer* ***A****ided* ***D****esign* ***N****oise* ***A****batement*) é um programa para o cálculo e apresentação de níveis de exposição ao ruído ambiental, assim como a assessoria e prognóstico em relação a este. Investimento mínimo aproximado de €41.599,80.

- ***BASTIAN*** – *Software* de previsão de Isolamento Acústico – é um programa recente, da empresa *DataKustik GmbH*, para o cálculo da transmissão de ruído aéreo e de impacto em edifícios e da transmissão do ruído aéreo do exterior. Os cálculos estão baseados nas normas europeias *EN 12354*[44], partes 1, 2 e 3, as quais formaram parte dos *standards* dos países membros da União Europeia. Toma em consideração todos os elementos relevantes para a transmissão do som nas situações entre salas, podendo ainda inserir-se outros elementos como portas e janelas, ou mesmo condutas de ventilação, próprias da construção. Todos os resultados da transmissão do som entre salas, ou desde o exterior, podem ser processados para serem escutados com a extensão *BASTIAN* – Auralização, para uma grande variedade de fontes interiores e exteriores e diversos tipos de salas recetoras. Investimento mínimo aproximado de €3.751,00.

- ***Predictor™ Model 7810*** – *Software* de previsão de Níveis de Ruído e Mapeamento – é um programa da empresa *Brüel & Kjær* que, permitindo o cálculo e a apresentação da situação acústica atual de uma determinada área geográfica, bem como o resultado a esperar com a introdução de hipotéticas medidas de controlo de ruído, apresenta-se como a solução adequada para quem tem de prever e controlar emissões de ruído.

[43] *CAE (Computer Aided Engineering)* é uma tecnologia que utiliza o computador para dar suporte à Engenharia auxiliando-a no desenvolvimento de projetos, por meio de análises estáticas, dinâmicas, térmicas, magnéticas, de fluidos, acústicas, de impacto e simulações, fazendo do *CAE* uma ferramenta poderosa para redução de custos de um projeto e minimizado o tempo de lançamento do produto final.

[44] *EN 12354:2003, Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements*.

Tendo como características principais a facilidade com que qualquer modelo é elaborado e mantido ou alterado, bem como a clareza e a simplicidade com que os resultados são apresentados, é extremamente eficaz na identificação da contribuição individual de cada uma das diferentes fontes sonoras constituintes de um determinado ambiente acústico, nomeadamente através da elaboração de mapas de ruído. Investimento mínimo aproximado de €19.263,20.

- ***LIMA Model 7812 A*** – *Software* de previsão de Níveis de Ruído e Modelação Avançada – desde 1990 que este *software*, da empresa *Brüel & Kjær*, mais vocacionado para entidades de Investigação em que os seus recursos humanos sejam altamente qualificados. Tem vindo a ser utilizado para a avaliação da distribuição de ruído em vastas áreas, nomeadamente em cidades, tornando-se assim numa ferramenta útil para o planeamento ambiental, incluindo a preservação de áreas silenciosas e a escolha objetiva de medidas de redução de ruído prioritárias. Foi especialmente desenvolvido com vista à resolução de problemas de previsão de ruído de larga escala. Problemas acústicos complexos como por exemplo intersecções sobrepostas, são resolvidos de um modo eficaz e preciso, através das ferramentas de modelação avançada. Após a realização do modelo, o tempo de cálculo é reduzido ao mínimo, através de funções automáticas de correção do modelo. Investimento mínimo aproximado de €10.090,00.

2.1.3.2 Metodologia

Alguns dos aspetos importantes para uma adequada operacionalidade desta metodologia:

- ✓ Identificar os espaços industriais a monitorizar;
- ✓ Conseguir uma boa previsão dos níveis de ruído originados por diversas fontes de ruído (máquinas e equipamentos), com base nas suas potências de ruído;
- ✓ Implementar o modelo em SIG por forma a calcular-se de forma rápida e simples o ruído previsível para qualquer situação;
- ✓ Avaliar o risco da exposição dos trabalhadores a esses níveis de ruído em função da sua localização e tempo de permanência no local;
- ✓ Poder simular medidas corretivas de engenharia e organizacionais por forma a reduzir os riscos para os trabalhadores.

Pretendendo-se implementar um modelo de previsão dos níveis de ruído em SIG que possa ser usado com facilidade e com um custo muito baixo, o cálculo dos níveis de ruído realiza-se com grande rapidez, através de uma pequena análise do problema em substituição da força bruta do cálculo usado em algumas aproximações comerciais (cálculo de raios). Com esta metodologia, é possível identificar, analisar e avaliar o peso das várias componentes de ruído (direto, refletido nos tetos e paredes, transmitido através de paredes e tabiques) para cada fonte de ruído potenciando a capacidade para o reduzir.

As medidas corretivas de ruído podem ser facilmente simuladas em SIG, obtendo-se uma avaliação imediata do resultado e conseguindo-se um sistema com muita interatividade. Uma metodologia desta natureza é aplicável às mais variadas situações, quer de cálculo de ruído interior, quer de exterior, para fontes pontuais ou lineares (linha de comboio, transporte rodoviário à entrada de uma fábrica), podendo ser usada no contexto de uma unidade fabril para cálculo do ruído interior e exterior ou para a avaliação do ruído urbano numa cidade.

Sendo este método baseado em previsões, e por isso muito incerto, será desejável e fundamental testar-se o modelo numa situação real e aferir o seu grau de precisão. Qualquer modelo é sempre uma simplificação de uma realidade mais complexa, conduzindo a resultados mais ou menos ajustados a essa realidade. Para ilustração desta metodologia, foi considerado o caso de estudo de uma empresa real em laboração com elevados níveis de ruído para os trabalhadores, na empresa metalúrgica e metalomecânica MACILVAC – Projetos, Equipamentos e Montagens Industriais, Benavente, PORTUGAL, vide Figura 72.

Figura 72 – Vista aérea da MACILVAC (556m de altitude)

(Fonte: Google, 2007)

A situação real da empresa (planta, *layout*, algumas máquinas e localização dos trabalhadores) foi alterada substancialmente por motivos didáticos e de facilidade de exemplificação dos impactos causados pelas reflexões das ondas de ruído em paredes de alvenaria colocadas propositadamente, considerando-se apenas uma das naves industriais. Nesta fase, já em ambiente de efetiva laboração, ir-se-á utilizar um método com recurso às técnicas da interpolação *TIN*, que permita estimar os níveis de ruído nas zonas de trabalho com base num conjunto de medidas – maio de 2007 - efetuadas em alguns pontos de amostragem que se revelem ser o de emissão mais significativa de ruído, por recurso a um Sonómetro Integrador *Brüel & Kjær* n.º 2100577, gentilmente cedido pelo Departamento de Higiene e Segurança no Trabalho da Previnorma, Lisboa, PORTUGAL. Listam-se, seguidamente, alguns dos aspetos essenciais a ter em consideração:

- ✓ Utilização dos espaços industriais de uma das naves;
- ✓ Configurar a produção de informação estatística e de apoio à gestão;
- ✓ Interpolar medidas pontuais de ruído e construir mapas de ruído com um elevado grau de aproximação;
- ✓ Com base em mapas de ruído, avaliar o risco da exposição diária pessoal dos trabalhadores;
- ✓ Construir mapas de risco e listagem dos trabalhadores afetados por determinados níveis de ruído;
- ✓ Recomendar um programa de medidas para redução do ruído na MACILVAC.

2.1.3.3 Ilustração e Identificação das Fontes de Ruído

Identificam-se seguidamente, de forma hierárquica, as atividades com maiores níveis de ruído na listagem da Tabela 9 relativamente aos equipamentos a utilizar nessas operações, a partir de medições aos níveis de pressão sonora instantânea à distância de 1 metro de cada um e por aplicação da Equação [16]:

$$L_i(r) = L_w - 20log_{10}r - 8 \quad [16]$$

Onde,

r – distância do ponto de medição à fonte sonora (metros)

L_w – nível de pressão emitido pela fonte sonora

Máquina	$L_i(r)$ (dB(A))	L_w (dB(A))	Operação Realizada
Serra Circular	88,8	96,8	Corte
Máquina de Corte por Fita	87,7	95,7	Corte
Aparelho de Corte	86,3	94,3	Corte a Oxiacetileno
Rebarbadora	85,4	93,4	Chanfragem e rebarbagem
Máquina de Corte	82,5	90,5	Corte
Serra de Fita	82,2	90,2	Corte
Máquina de Fresar	80,7	88,7	Fresagem
Máquina de Corte a Disco	76,4	84,4	Corte
Máquina de Furar	76,6	82,6	Furagem
Torno Mecânico	68,0	76,0	Torneamento
Aparelho de Soldar	66,6	74,6	Soldadura
Engenho de Furar	62,2	70,2	Furagem

Tabela 9 – Operações com maior impacto de ruído e respetivas fontes

(Fonte: Autor)

Ilustram-se seguidamente, Figura 73, Figura 74, Figura 75, Figura 76, Figura 77, Figura 78, Figura 79, Figura 80, Figura 81, Figura 82, Figura 83 e Figura 84, as fontes de ruído com maior impacto, respetivamente pela mesma ordem da Tabela 9.

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	55	60,1	60,6	62,2	63,8	69,8	75,6	82,7	94,3	86,7
Laeq dB(A)	**96,8**									

Figura 73 – Serra circular

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	8,1	23,9	56,2	61,1	70,6	76,9	93,0	91,0	83,5	79,8
Laeq dB(A)	**95,7**									

Figura 74 – Máquina de corte por fita

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	12,9	17,2	38,5	59,3	66,5	77,4	81,6	86,7	91,2	98,7
Laeq dB(A)	**94,3**									

Figura 75 – Aparelho de corte

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	0,0	7,8	28,6	39,5	46,7	63,7	85,0	87,5	89,6	85,5
Laeq dB(A)	**93,4**									

Figura 76 – Rebarbadora

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	32,5	38,5	44,8	48,7	57,9	64,6	66,5	76,7	84,3	88,0
Laeq dB(A)	**90,5**									

Figura 77 – Máquina de corte

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	2,6	18,4	50,7	55,6	65,1	71,4	87,5	85,5	78,0	74,3
Laeq dB(A)	**90,2**									

Figura 78 – Serra de fita

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	15,0	29,7	39,0	51,5	55,5	65,0	76,3	82,8	86,5	77,3
Laeq dB(A)	**88,7**									

Figura 79 – Máquina de fresar

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	0,0	1,6	23,9	47,3	65,3	78,2	77,6	80,7	73,1	69,8
Laeq dB(A)	**84,4**									

(Fonte: Autor)

Figura 80 – Máquina de corte a disco

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	11,5	32,4	77,8	51,0	56,0	69,2	76,7	77,2	78,0	69,4
Laeq dB(A)	**82,6**									

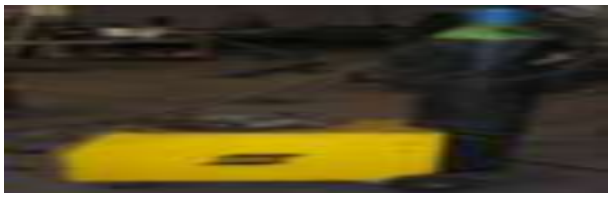
Figura 81 – Máquina de furar

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	0,0	6,9	28,0	43,2	61,7	71,6	72,9	66,7	56,9	41,8
Laeq dB(A)	**76,0**									

Figura 82 – Torno mecânico

(Fonte: Autor)



Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	0,0	0,0	22,6	39,7	46,4	57,6	61,9	67,0	70,5	82,4
Laeq dB(A)	**74,6**									

Figura 83 – Aparelho de soldar

(Fonte: Autor)

Frequência (Hz)	16	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Nível de Ruído dB(A)	0	28,4	36,5	47,2	53,8	64,8	64,6	63,7	62,2	54,3
Laeq dB(A)	**70,2**									

Figura 84 – Engenho de furar

(Fonte: Autor)

2.1.3.4 Avaliação da Exposição dos Trabalhadores ao Ruído

Descrição inicial dos principais passos e resultados obtidos na avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído. A nave industrial tem 50 m de comprimento e 30 m de largura. A primeira tarefa, consistiu no projeto do "layout" da produção e sua conversão para *AutoCAD*, Figura 90, com o intuito de se obterem ficheiros em formato (*.DXF*) que possam ser importados pelo SIG. Cada tema foi desenhado em diferentes camadas para ser mais fácil a manipulação e representação dos mesmos. Com a função do *AutoCAD* (*Save as DXF* - objetos selecionados) para cada camada do *CAD* produz-se um tema no SIG:

- ✓ Edifício; Planta do Edifício; Equipamento;
- ✓ Fontes de Ruído e respetivo Valor L_w; Localização dos Trabalhadores;
- ✓ Número de Horas de Exposição de Cada Trabalhador.

Apresentam-se seguidamente, Figura 85, Figura 86, Figura 87, Figura 88, Figura 89 e Quadro 16, os modelos e submodelos utilizados no SIG *IDRISI.*

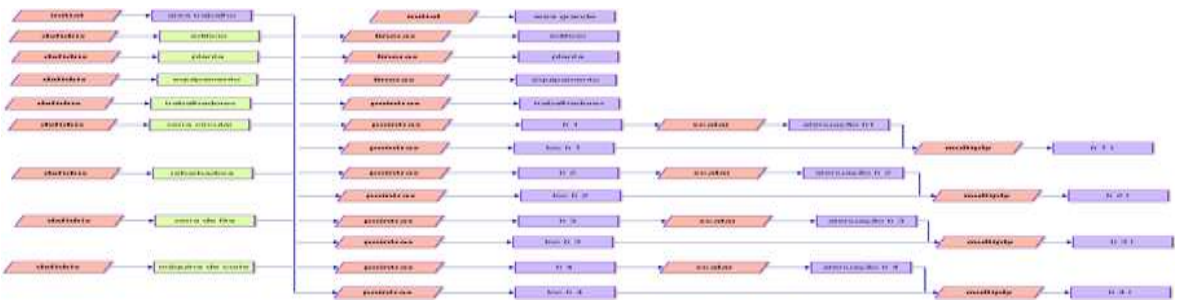


Figura 85 – Modelo para importação dos dados de *AutoCAD*

(Fonte: Autor)

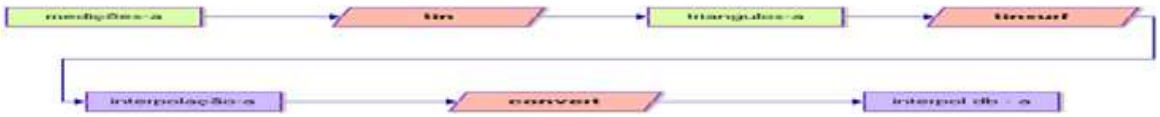


Figura 86 – Modelo para cálculo de interpolações *TIN* a partir das medições no período A

(Fonte: Autor)

Figura 87 – Modelo para cálculo da reclassificação das zonas de ruído (0 a 3) nos períodos A a E

(Fonte: Autor)

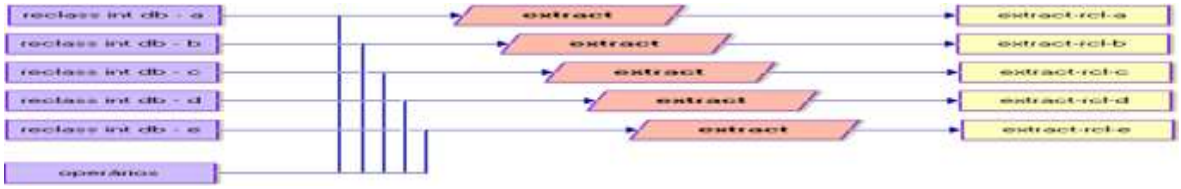


Figura 88 – Modelo para cálculo dos trabalhadores dentro das zonas de ruído (0 a 3) nos períodos A a E

(Fonte: Autor)

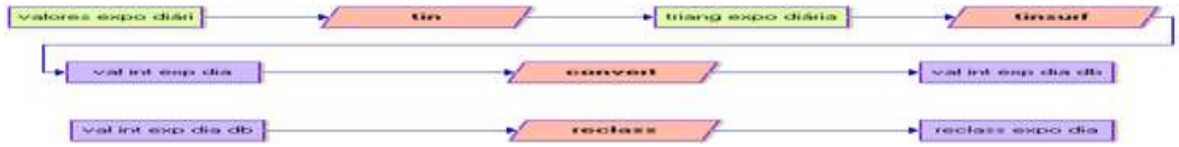


Figura 89 – Modelo para obtenção de imagens para produção de histogramas de exposição ao ruído

(Fonte: Autor)

Quadro 16 – Modelos e submodelos utilizados no SIG *IDRISI*

Nome	Descrição
importa “valores.ims”	Modelo para a Importação dos dados de *AutoCAD*
cálculo da “exposição.imm”	Cálculo da Exposição Diária ao Ruído dos Trabalhadores
“reclassifica.imm”	Modelo para o Cálculo dos Trabalhadores Afetados pelo Ruído
“mask-edifício-oper.imm”	Máscara para utilização na produção de Histogramas
análise “interpolação.imm”	Modelo para Cálculo de Interpolações (*TIN*, Distância e Quadrado da Distância)
interpolação “tin-a.imm”	Modelo para Cálculo de Interpolações *TIN* a partir das Medições no Período A
RECLASS interpolação “tin.imm”	Modelo para Cálculo de Reclassificação das Zonas de Ruído (0 a 3) nos Períodos A a E
EXTRACT reclass int “db.imm”	Cálculo da quantidade de trabalhadores dentro das Zonas de Ruído (0 a 3) nos Períodos A a E
val e rcl expo diária “tin.imm”	Modelos para obtenção de imagens para produção de Histogramas de Exposição ao Ruído

(Fonte: Autor)

Figura 90 – Disposição do equipamento na nave industrial em *AutoCAD*

(Fonte: Autor)

As imagens obtidas correspondem a matrizes de 300 linhas e 500 colunas contendo 150 mil elementos (células), Figura 91. Cada célula corresponde, no terreno, a um quadrado com 10 cm de lado e contém o valor da variável representada. É de realçar que, em cada quadrícula representada na Figura 91 existem 10 quadriculas não visíveis a esta escala.

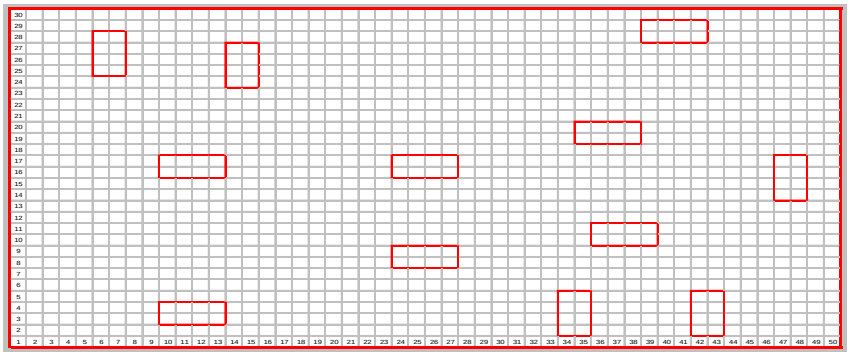


Figura 91 – Matriz que representa o espaço geográfico em estudo

(Fonte: Autor)

A Tabela 10 identifica as máquinas em funcionamento por período horário de laboração.

Periodo	Horário	Máquinas em Funcionamento
A	08:30h às 10:00h	Engenho de Furar, Máquina de Corte a Disco, Torno Mecânico, Aparelho de Soldar e Máquina de Furar
B	10:00h às 12:00h	Engenho de Furar, Máquina de Corte a Disco, Torno Mecânico, Rebarbadora, Máquina de Corte, Serra de Fita, Máquina de Fresar, Aparelho de Soldar e Máquina de Furar
C	12:00h às 13:00h	Engenho de Furar e Aparelho de Soldar
D	13:00h às 14:00h	Engenho de Furar, Máquina de Corte a Disco, Torno Mecânico, Serra de Fita, Máquina de Fresar, Aparelho de Soldar e Máquina de Furar
E	14:00h às 16:30h	Engenho de Furar, Aparelho de Corte, Máquina de Corte a Disco, Serra Circular, Torno Mecânico, Rebarbadora, Máquina de Corte, Serra de Fita, Máquina de Fresar, Máquina de Corte por Fita, Aparelho de Soldar e Máquina de Furar

Tabela 10 – Resumo das máquinas em funcionamento por período horário

(Fonte: Autor)

A recolha dos valores da amostragem recolhidos pelo Sonómetro, nos pontos de maior interesse, podem consultar-se detalhadamente em Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15, respetivamente como apresentado na Tabela 10.

A	Período de Medição entre as 08:30h e as 10:00h						
Address	Time Setting	Starting Time	Store Time	Leq	Ponto		
1	1min	08-Mai-2007 08:29:57	08-Mai-2007 08:30:55	67,8	1		
2	1min	08-Mai-2007 08:31:28	08-Mai-2007 08:32:31	72,8	2		
3	1min	08-Mai-2007 08:32:59	08-Mai-2007 08:34:02	79,7	3		
4	1min	08-Mai-2007 08:34:23	08-Mai-2007 08:35:25	87,6	4		
5	1min	08-Mai-2007 08:36:34	08-Mai-2007 08:37:37	84,7	5		
6	1min	08-Mai-2007 08:38:47	08-Mai-2007 08:39:49	69,1	6		
7	1min	08-Mai-2007 08:40:52	08-Mai-2007 08:41:55	68,8	7		
8	1min	08-Mai-2007 08:42:56	08-Mai-2007 08:43:58	**70,2**	**8**	**Engenho de Furar**	**70,2dB**
9	1min	08-Mai-2007 08:44:20	08-Mai-2007 08:45:22	69,6	9		
					10		
					11		
				OFF	**12**	**Aparelho de Corte**	**94,3dB**
					13		
					14		
					15		
					16		
10	1min	08-Mai-2007 08:46:28	08-Mai-2007 08:47:31	85,1	17		
11	1min	08-Mai-2007 08:47:52	08-Mai-2007 08:48:54	86,7	18		
12	1min	08-Mai-2007 08:49:24	08-Mai-2007 08:50:27	85,2	19		
13	1min	08-Mai-2007 08:51:12	08-Mai-2007 08:52:15	**88,4**	**20**	**Máquina de Corte a Disco**	**84,4dB**
14	1min	08-Mai-2007 08:53:47	08-Mai-2007 08:54:49	86,7	21		
					22		
15	1min	08-Mai-2007 08:55:19	08-Mai-2007 08:56:21	67,2	23		
16	1min	08-Mai-2007 08:57:50	08-Mai-2007 08:58:53	63,8	24		
					25		
					26		
					27		
					28		
17	1min	08-Mai-2007 08:59:23	08-Mai-2007 09:00:25	70,8	29		
				OFF	**30**	**Serra Circular**	**96,8dB**
					31		
					32		
18	1min	08-Mai-2007 09:01:52	08-Mai-2007 09:02:54	75,7	33		
19	1min	08-Mai-2007 09:03:17	08-Mai-2007 09:04:20	74,7	34		
20	1min	08-Mai-2007 09:05:55	08-Mai-2007 09:06:57	**76,0**	**35**	**Torno Mecânico**	**76,0dB**
21	1min	08-Mai-2007 09:07:20	08-Mai-2007 09:08:23	78,1	36		
22	1min	08-Mai-2007 09:09:28	08-Mai-2007 09:10:31	78,3	37		
23	1min	08-Mai-2007 09:11:05	08-Mai-2007 09:12:07	77,2	38		
24	1min	08-Mai-2007 09:13:40	08-Mai-2007 09:14:42	81,1	39		
25	1min	08-Mai-2007 09:15:00	08-Mai-2007 09:16:03	78,6	40		
				OFF	**41**	**Rebarbadora**	**93,4dB**
					42		
26	1min	08-Mai-2007 09:17:21	08-Mai-2007 09:18:24	82,5	43		
27	1min	08-Mai-2007 09:19:55	08-Mai-2007 09:20:57	81,0	44		
28	1min	08-Mai-2007 09:21:33	08-Mai-2007 09:22:36	82,6	45		
29	1min	08-Mai-2007 09:23:58	08-Mai-2007 09:25:00	81,7	46		
30	1min	08-Mai-2007 09:25:20	08-Mai-2007 09:26:22	80,9	47		
				OFF	**48**	**Máquina de Corte**	**90,5dB**
31	1min	08-Mai-2007 09:27:48	08-Mai-2007 09:28:51	79,2	49		
32	1min	08-Mai-2007 09:29:03	08-Mai-2007 09:30:05	78,5	50		
33	1min	08-Mai-2007 09:31:28	08-Mai-2007 09:32:31	60,9	51		
34	1min	08-Mai-2007 09:33:01	08-Mai-2007 09:34:04	61,3	52		
					53		
					54		
					55		
					56		
35	1min	08-Mai-2007 09:34:32	08-Mai-2007 09:35:35	65,3	57		
				OFF	**58**	**Máquina de Corte por Fita**	**95,7dB**
					59		
					60		
					61		
					62		
					63		
36	1min	10-Mai-2007 09:35:59	10-Mai-2007 09:37:02	71,7	64		
				OFF	**65**	**Serra de Fita**	**90,2dB**
					66		
					67		
37	1min	08-Mai-2007 09:37:24	08-Mai-2007 09:38:27	76,9	68		
38	1min	08-Mai-2007 09:39:58	08-Mai-2007 09:41:00	76,7	69		
				OFF	**70**	**Serra de Fita**	**88,7dB**
39	1min	08-Mai-2007 09:41:31	08-Mai-2007 09:42:34	78,7	71		
40	1min	08-Mai-2007 09:43:37	08-Mai-2007 09:44:39	80,4	72		
41	1min	08-Mai-2007 09:45:10	08-Mai-2007 09:46:13	76,8	73		
42	1min	08-Mai-2007 09:47:43	08-Mai-2007 09:48:45	**78,7**	**74**	**Aparelho de Soldar**	**74,6dB**
43	1min	08-Mai-2007 09:49:16	08-Mai-2007 09:50:19	78,6	75		
44	1min	08-Mai-2007 09:51:55	08-Mai-2007 09:52:57	81,2	76		
45	1min	08-Mai-2007 09:53:28	08-Mai-2007 09:54:30	**82,6**	**77**	**Máquina de Furar**	**82,6dB**
46	1min	08-Mai-2007 09:55:01	08-Mai-2007 09:56:04	81,2	78		
47	1min	08-Mai-2007 09:57:34	08-Mai-2007 09:58:37	79,7	79		
48	1min	08-Mai-2007 09:58:51	08-Mai-2007 09:59:53	79,9	80		

Tabela 11 – Medições na nave durante o período A - 8:30h às 10:00h

(Fonte: Autor)

B	Período de Medição entre as 10:00h e as 12:00h						
Address	Time Setting	Starting Time	Store Time	Leq	Ponto		
49	1min	08-Mai-2007 10:00:18	08-Mai-2007 10:01:20	70,4	1		
50	1min	08-Mai-2007 10:02:57	08-Mai-2007 10:03:59	74,9	2		
51	1min	08-Mai-2007 10:04:22	08-Mai-2007 10:05:24	79,1	3		
52	1min	08-Mai-2007 10:07:03	08-Mai-2007 10:08:06	82,9	4		
53	1min	08-Mai-2007 10:10:34	08-Mai-2007 10:11:37	82,9	5		
54	1min	08-Mai-2007 10:13:08	08-Mai-2007 10:14:11	71,2	6		
55	1min	08-Mai-2007 10:15:26	08-Mai-2007 10:16:28	73,9	7		
56	1min	08-Mai-2007 10:18:59	08-Mai-2007 10:20:02	**72,3**	**8**	**Engenho de Furar**	**70,2dB**
57	1min	08-Mai-2007 10:22:15	08-Mai-2007 10:23:18	76,1	9		
					10		
					11		
				OFF	**12**	**Aparelho de Corte**	**94,3dB**
58	1min	08-Mai-2007 10:25:47	08-Mai-2007 10:26:49	82,1	13		
					14		
					15		
					16		
					17		
59	1min	08-Mai-2007 10:28:04	08-Mai-2007 10:29:07	86,7	18		
60	1min	08-Mai-2007 10:31:25	08-Mai-2007 10:32:28	87,8	19		
61	1min	08-Mai-2007 10:34:52	08-Mai-2007 10:35:54	**84,4**	**20**	**Máquina de Corte a Disco**	**84,4dB**
62	1min	08-Mai-2007 10:38:12	08-Mai-2007 10:39:15	86,3	21		
63	1min	08-Mai-2007 10:40:39	08-Mai-2007 10:41:42	84,7	22		
64	1min	08-Mai-2007 10:42:10	08-Mai-2007 10:43:12	71,1	23		
65	1min	08-Mai-2007 10:43:56	08-Mai-2007 10:44:58	72,0	24		
					25		
66	1min	08-Mai-2007 10:45:20	08-Mai-2007 10:46:23	75,9	26		
67	1min	08-Mai-2007 10:46:52	08-Mai-2007 10:47:54	78,3	27		
					28		
					29		
				OFF	**30**	**Serra Circular**	**96,8dB**
					31		
					32		
68	1min	08-Mai-2007 10:48:04	08-Mai-2007 10:49:07	85,2	33		
69	1min	08-Mai-2007 10:49:56	08-Mai-2007 10:50:58	86,7	34		
70	1min	08-Mai-2007 10:51:17	08-Mai-2007 10:52:19	**87,2**	**35**	**Torno Mecânico**	**76,0dB**
71	1min	08-Mai-2007 10:52:50	08-Mai-2007 10:53:53	86,8	36		
72	1min	08-Mai-2007 10:54:13	08-Mai-2007 10:55:16	89,7	37		
73	1min	08-Mai-2007 10:55:47	08-Mai-2007 10:56:50	88,9	38		
74	1min	08-Mai-2007 10:57:08	08-Mai-2007 10:58:11	90,6	39		
75	1min	08-Mai-2007 10:58:30	08-Mai-2007 10:59:32	91,0	40		
76	1min	08-Mai-2007 10:59:53	08-Mai-2007 11:00:55	**93,4**	**41**	**Rebarbadora**	**93,4dB**
77	1min	08-Mai-2007 11:01:17	08-Mai-2007 11:02:19	90,4	42		
78	1min	08-Mai-2007 11:02:55	08-Mai-2007 11:03:58	91,0	43		
79	1min	08-Mai-2007 11:04:20	08-Mai-2007 11:05:23	91,2	44		
80	1min	08-Mai-2007 11:05:42	08-Mai-2007 11:06:44	86,9	45		
81	1min	08-Mai-2007 11:07:07	08-Mai-2007 11:08:09	86,2	46		
82	1min	08-Mai-2007 11:08:20	08-Mai-2007 11:09:23	88,8	47		
83	1min	08-Mai-2007 11:09:46	08-Mai-2007 11:10:48	**90,5**	**48**	**Máquina de Corte**	**90,5dB**
84	1min	08-Mai-2007 11:11:12	08-Mai-2007 11:12:15	89,2	49		
85	1min	08-Mai-2007 11:12:53	08-Mai-2007 11:13:56	88,9	50		
86	1min	08-Mai-2007 11:14:28	08-Mai-2007 11:15:31	72,8	51		
87	1min	08-Mai-2007 11:16:05	08-Mai-2007 11:17:07	73,2	52		
					53		
88	1min	08-Mai-2007 11:17:40	08-Mai-2007 11:18:43	77,6	54		
89	1min	08-Mai-2007 11:19:00	08-Mai-2007 11:20:03	78,9	55		
					56		
90	1min	08-Mai-2007 11:20:21	08-Mai-2007 11:21:24	78,9	57		
				OFF	**58**	**Máquina de Corte por Fita**	**95,7dB**
91	1min	08-Mai-2007 11:21:55	08-Mai-2007 11:22:57	82,8	59		
92	1min	08-Mai-2007 11:23:23	08-Mai-2007 11:24:25	84,7	60		
93	1min	08-Mai-2007 11:24:58	08-Mai-2007 11:26:00	84,3	61		
94	1min	08-Mai-2007 11:26:20	08-Mai-2007 11:27:23	87,7	62		
95	1min	08-Mai-2007 11:27:58	08-Mai-2007 11:29:01	87,6	63		
96	1min	08-Mai-2007 11:29:03	08-Mai-2007 11:30:06	86,1	64		
97	1min	08-Mai-2007 11:30:38	08-Mai-2007 11:31:41	**90,2**	**65**	**Serra de Fita**	**90,2dB**
98	1min	08-Mai-2007 11:31:57	08-Mai-2007 11:32:59	88,1	66		
99	1min	08-Mai-2007 11:32:22	08-Mai-2007 11:33:25	87,9	67		
100	1min	08-Mai-2007 11:34:50	08-Mai-2007 11:35:52	89,7	68		
101	1min	08-Mai-2007 11:36:04	08-Mai-2007 11:37:07	88,0	69		
102	1min	08-Mai-2007 11:37:58	08-Mai-2007 11:39:00	**88,7**	**70**	**Serra de Fita**	**88,7dB**
103	1min	08-Mai-2007 11:39:31	08-Mai-2007 11:40:34	90,3	71		
104	1min	08-Mai-2007 11:41:37	08-Mai-2007 11:42:39	87,2	72		
105	1min	08-Mai-2007 11:45:10	08-Mai-2007 11:46:13	85,8	73		
106	1min	08-Mai-2007 11:47:43	08-Mai-2007 11:48:46	**85,9**	**74**	**Aparelho de Soldar**	**74,6dB**
107	1min	08-Mai-2007 11:49:16	08-Mai-2007 11:50:18	84,1	75		
108	1min	08-Mai-2007 11:51:55	08-Mai-2007 11:52:58	83,2	76		
109	1min	08-Mai-2007 11:53:28	08-Mai-2007 11:54:31	**83,1**	**77**	**Máquina de Furar**	**82,6dB**
110	1min	08-Mai-2007 11:55:01	08-Mai-2007 11:56:03	83,3	78		
111	1min	08-Mai-2007 11:56:54	08-Mai-2007 11:57:57	86,8	79		
112	1min	08-Mai-2007 11:58:45	08-Mai-2007 11:59:48	81,2	80		

Tabela 12 – Medições na nave durante o período B - 10:00h às 12:00h

(Fonte: Autor)

C	Período de Medição entre as 12:00h e as 13:00h						
Address	Time Setting	Starting Time	Store Time	Leq	Ponto		
113	1min	08-Mai-2007 12:00:16	08-Mai-2007 12:01:18	67,8	1		
114	1min	08-Mai-2007 12:03:22	08-Mai-2007 12:04:25	66,8	2		
115	1min	08-Mai-2007 12:05:13	08-Mai-2007 12:06:15	64,4	3		
116	1min	08-Mai-2007 12:07:27	08-Mai-2007 12:08:30	62,2	4		
117	1min	08-Mai-2007 12:09:34	08-Mai-2007 12:10:36	60,9	5		
118	1min	08-Mai-2007 12:11:41	08-Mai-2007 12:12:44	69,1	6		
119	1min	08-Mai-2007 12:13:32	08-Mai-2007 12:14:35	68,5	7		
120	1min	08-Mai-2007 12:15:25	08-Mai-2007 12:16:27	**70,2**	**8**	**Engenho de Furar**	**70,2dB**
121	1min	08-Mai-2007 12:17:04	08-Mai-2007 12:18:07	68,4	9		
					10		
					11		
				OFF	**12**	**Aparelho de Corte**	**94,3dB**
122	1min	08-Mai-2007 12:19:19	08-Mai-2007 12:20:22	65,1	13		
					14		
					15		
					16		
					17		
					18		
					19		
				OFF	**20**	**Máquina de Corte a Disco**	**84,4dB**
					21		
					22		
123	1min	08-Mai-2007 12:21:41	08-Mai-2007 12:22:43	66,9	23		
124	1min	08-Mai-2007 12:23:50	08-Mai-2007 12:24:53	63,6	24		
					25		
					26		
					27		
125	1min	08-Mai-2007 12:25:23	08-Mai-2007 12:26:25	62,9	28		
					29		
				OFF	**30**	**Serra Circular**	**96,8dB**
					31		
					32		
					33		
					34		
				OFF	**35**	**Torno Mecânico**	**76,0dB**
					36		
					37		
					38		
					39		
					40		
				OFF	**41**	**Rebarbadora**	**93,4dB**
126	1min	08-Mai-2007 12:27:28	08-Mai-2007 12:28:31	66,1	42		
					43		
					44		
					45		
127	1min	08-Mai-2007 12:29:33	08-Mai-2007 12:30:36	63,1	46		
					47		
				OFF	**48**	**Máquina de Corte**	**90,5dB**
128	1min	08-Mai-2007 12:31:05	08-Mai-2007 12:32:08	66,2	49		
					50		
129	1min	08-Mai-2007 12:33:40	08-Mai-2007 12:34:43	60,8	51		
130	1min	08-Mai-2007 12:35:21	08-Mai-2007 12:36:23	61,1	52		
					53		
					54		
					55		
					56		
131	1min	08-Mai-2007 12:37:19	08-Mai-2007 12:38:21	65,1	57		
				OFF	**58**	**Máquina de Corte por Fita**	**95,7dB**
					59		
					60		
					61		
					62		
					63		
132	1min	08-Mai-2007 12:39:07	08-Mai-2007 12:40:09	68,4	64		
				OFF	**65**	**Serra de Fita**	**90,2dB**
133	1min	08-Mai-2007 12:41:58	08-Mai-2007 12:43:00	69,8	66		
134	1min	08-Mai-2007 12:43:13	08-Mai-2007 12:44:15	71,2	67		
135	1min	08-Mai-2007 12:45:03	08-Mai-2007 12:46:05	70,4	68		
136	1min	08-Mai-2007 12:46:58	08-Mai-2007 12:48:01	72,3	69		
				OFF	**70**	**Serra de Fita**	**88,7dB**
137	1min	08-Mai-2007 12:48:21	08-Mai-2007 12:49:23	68,6	71		
138	1min	08-Mai-2007 12:49:43	08-Mai-2007 12:50:46	71,2	72		
139	1min	08-Mai-2007 12:51:16	08-Mai-2007 12:52:19	72,9	73		
140	1min	08-Mai-2007 12:52:35	08-Mai-2007 12:53:37	**74,6**	**74**	**Aparelho de Soldar**	**74,6dB**
141	1min	08-Mai-2007 12:54:02	08-Mai-2007 12:55:05	73,4	75		
142	1min	08-Mai-2007 12:55:38	08-Mai-2007 12:56:41	72,7	76		
				OFF	**77**	**Máquina de Furar**	**82,6dB**
					78		
143	1min	08-Mai-2007 12:57:01	08-Mai-2007 12:58:04	67,4	79		
144	1min	08-Mai-2007 12:58:45	08-Mai-2007 12:59:48	68,2	80		

Tabela 13 – Medições na nave durante o período C - 12:00h às 13:00h

(Fonte: Autor)

D	Período de Medição entre as 13:00h e as 14:00h						
Address	Time Setting	Starting Time	Store Time	Leq	Ponto		
145	1min	08-Mai-2007 13:00:18	08-Mai-2007 13:01:20	70,3	1		
					2		
146	1min	08-Mai-2007 13:01:32	08-Mai-2007 13:02:35	76,9	3		
					4		
147	1min	08-Mai-2007 13:02:54	08-Mai-2007 13:03:56	80,3	5		
					6		
148	1min	08-Mai-2007 13:04:29	08-Mai-2007 13:05:32	73,7	7		
149	1min	08-Mai-2007 13:05:56	08-Mai-2007 13:06:59	**72,0**	**8**	**Engenho de Furar**	**70,2dB**
150	1min	08-Mai-2007 13:06:12	08-Mai-2007 13:07:15	74,3	9		
					10		
					11		
				OFF	**12**	**Aparelho de Corte**	**94,3dB**
					13		
					14		
					15		
					16		
					17		
151	1min	08-Mai-2007 13:07:47	08-Mai-2007 13:08:49	82,5	18		
					19		
152	1min	08-Mai-2007 13:09:10	08-Mai-2007 13:10:12	**84,4**	**20**	**Máquina de Corte a Disco**	**84,4dB**
153	1min	08-Mai-2007 13:10:31	08-Mai-2007 13:11:34	82,6	21		
					22		
					23		
154	1min	08-Mai-2007 13:11:54	08-Mai-2007 13:12:56	74,2	24		
					25		
					26		
					27		
					28		
					29		
				OFF	**30**	**Serra Circular**	**96,8dB**
					31		
					32		
155	1min	08-Mai-2007 13:13:17	08-Mai-2007 13:14:20	83,1	33		
156	1min	08-Mai-2007 13:14:55	08-Mai-2007 13:15:58	86,2	34		
157	1min	08-Mai-2007 13:16:20	08-Mai-2007 13:17:22	**84,7**	**35**	**Torno Mecânico**	**76,0dB**
					36		
158	1min	08-Mai-2007 13:17:52	08-Mai-2007 13:18:54	83,3	37		
159	1min	08-Mai-2007 13:19:17	08-Mai-2007 13:20:19	86,5	38		
					39		
					40		
				OFF	**41**	**Rebarbadora**	**93,4dB**
					42		
					43		
					44		
					45		
					46		
					47		
				OFF	**48**	**Máquina de Corte**	**90,5dB**
160	1min	08-Mai-2007 13:20:46	08-Mai-2007 13:21:48	81,4	49		
					50		
					51		
161	1min	08-Mai-2007 13:22:12	08-Mai-2007 13:23:15	74,5	52		
					53		
					54		
					55		
					56		
					57		
				OFF	**58**	**Máquina de Corte por Fita**	**95,7dB**
					59		
					60		
					61		
162	1min	08-Mai-2007 13:23:53	08-Mai-2007 13:24:57	88,1	62		
163	1min	08-Mai-2007 13:26:05	08-Mai-2007 13:27:07	87,9	63		
164	1min	08-Mai-2007 13:28:55	08-Mai-2007 13:29:58	86,4	64		
165	1min	08-Mai-2007 13:31:33	08-Mai-2007 13:32:35	**90,2**	**65**	**Serra de Fita**	**90,2dB**
166	1min	08-Mai-2007 13:34:58	08-Mai-2007 13:37:01	88,4	66		
167	1min	08-Mai-2007 13:38:03	08-Mai-2007 13:39:06	88,2	67		
168	1min	08-Mai-2007 13:42:22	08-Mai-2007 13:43:24	87,1	68		
					69		
169	1min	08-Mai-2007 13:45:50	08-Mai-2007 13:46:53	**88,7**	**70**	**Serra de Fita**	**88,7dB**
170	1min	08-Mai-2007 13:48:24	08-Mai-2007 13:49:27	86,5	71		
171	1min	08-Mai-2007 13:50:58	08-Mai-2007 13:52:00	86,8	72		
172	1min	08-Mai-2007 13:52:31	08-Mai-2007 13:53:34	86,1	73		
173	1min	08-Mai-2007 13:54:16	08-Mai-2007 13:55:19	**84,7**	**74**	**Aparelho de Soldar**	**74,6dB**
					75		
174	1min	08-Mai-2007 13:55:55	08-Mai-2007 13:56:57	83,2	76		
175	1min	08-Mai-2007 13:57:01	08-Mai-2007 13:58:04	**82,6**	**77**	**Máquina de Furar**	**82,6dB**
					78		
					79		
176	1min	08-Mai-2007 13:58:51	08-Mai-2007 13:59:54	79,9	80		

Tabela 14 – Medições na nave durante o período D - 13:00h às 14:00h

(Fonte: Autor)

E	Período de Medição entre as 14:00h e as 16:30h						
Address	Time Setting	Starting Time	Store Time	Leq	Ponto		
177	1min	08-Mai-2007 14:00:29	08-Mai-2007 14:01:32	87,8	1		
178	1min	08-Mai-2007 14:02:57	08-Mai-2007 14:03:59	91,1	2		
179	1min	08-Mai-2007 14:04:22	08-Mai-2007 14:05:24	89,6	3		
180	1min	08-Mai-2007 14:07:03	08-Mai-2007 14:08:06	83,9	4		
181	1min	08-Mai-2007 14:10:34	08-Mai-2007 14:11:37	82,1	5		
182	1min	08-Mai-2007 14:13:08	08-Mai-2007 14:14:11	89,7	6		
183	1min	08-Mai-2007 14:15:26	08-Mai-2007 14:16:28	91,3	7		
184	1min	08-Mai-2007 14:18:59	08-Mai-2007 14:20:02	**90,4**	**8**	**Engenho de Furar**	**70,2dB**
185	1min	08-Mai-2007 14:21:15	08-Mai-2007 14:22:18	92,1	9		
186	1min	08-Mai-2007 14:24:42	08-Mai-2007 14:25:44	92,6	10		
187	1min	08-Mai-2007 14:27:03	08-Mai-2007 14:28:05	94,5	11		
188	1min	08-Mai-2007 14:30:47	08-Mai-2007 14:31:49	**94,3**	**12**	**Aparelho de Corte**	**94,3dB**
189	1min	08-Mai-2007 14:34:04	08-Mai-2007 14:35:07	94,4	13		
190	1min	08-Mai-2007 14:36:25	08-Mai-2007 14:37:28	92,7	14		
191	1min	08-Mai-2007 14:39:52	08-Mai-2007 14:40:54	93,2	15		
192	1min	08-Mai-2007 14:42:12	08-Mai-2007 14:43:14	90,2	16		
193	1min	08-Mai-2007 14:45:39	08-Mai-2007 14:46:42	86,9	17		
194	1min	08-Mai-2007 14:48:10	08-Mai-2007 14:49:12	87,3	18		
195	1min	08-Mai-2007 14:50:56	08-Mai-2007 14:51:59	88,2	19		
196	1min	08-Mai-2007 14:52:20	08-Mai-2007 14:53:22	**84,4**	**20**	**Máquina de Corte a Disco**	**84,4dB**
197	1min	08-Mai-2007 14:53:47	08-Mai-2007 14:54:49	86,3	21		
198	1min	08-Mai-2007 14:54:59	08-Mai-2007 14:56:01	84,8	22		
199	1min	08-Mai-2007 14:56:28	08-Mai-2007 14:57:31	90,8	23		
200	1min	08-Mai-2007 14:57:52	08-Mai-2007 14:58:55	91,0	24		
201	1min	08-Mai-2007 14:59:04	08-Mai-2007 15:00:06	92,9	25		
202	1min	08-Mai-2007 15:01:34	08-Mai-2007 15:02:37	93,8	26		
203	1min	08-Mai-2007 15:02:57	08-Mai-2007 15:03:59	95,0	27		
204	1min	08-Mai-2007 15:04:12	08-Mai-2007 15:05:15	95,3	28		
205	1min	08-Mai-2007 15:05:47	08-Mai-2007 15:06:49	94,9	29		
206	1min	08-Mai-2007 15:07:10	08-Mai-2007 15:08:12	**96,8**	**30**	**Serra Circular**	**96,8dB**
207	1min	08-Mai-2007 15:08:43	08-Mai-2007 15:09:45	95,2	31		
208	1min	08-Mai-2007 15:10:01	08-Mai-2007 15:11:04	94,7	32		
209	1min	08-Mai-2007 15:11:28	08-Mai-2007 15:12:31	93,8	33		
210	1min	08-Mai-2007 15:12:51	08-Mai-2007 15:13:54	93,5	34		
211	1min	08-Mai-2007 15:14:19	08-Mai-2007 15:15:21	**91,9**	**35**	**Torno Mecânico**	**76,0dB**
212	1min	08-Mai-2007 15:15:50	08-Mai-2007 15:16:53	91,6	36		
213	1min	08-Mai-2007 15:17:23	08-Mai-2007 15:18:26	90,6	37		
214	1min	08-Mai-2007 15:18:59	08-Mai-2007 15:20:02	90,8	38		
215	1min	08-Mai-2007 15:20:10	08-Mai-2007 15:21:13	91,5	39		
216	1min	08-Mai-2007 15:21:52	08-Mai-2007 15:22:55	91,6	40		
217	1min	08-Mai-2007 15:23:17	08-Mai-2007 15:24:19	**93,4**	**41**	**Rebarbadora**	**93,4dB**
218	1min	08-Mai-2007 15:24:55	08-Mai-2007 15:25:58	90,7	42		
219	1min	08-Mai-2007 15:26:20	08-Mai-2007 15:27:22	91,7	43		
220	1min	08-Mai-2007 15:27:52	08-Mai-2007 15:28:55	91,8	44		
221	1min	08-Mai-2007 15:29:17	08-Mai-2007 15:30:19	87,4	45		
222	1min	08-Mai-2007 15:31:00	08-Mai-2007 15:32:02	86,1	46		
223	1min	08-Mai-2007 15:32:46	08-Mai-2007 15:33:49	89,0	47		
224	1min	08-Mai-2007 15:34:12	08-Mai-2007 15:35:14	**90,5**	**48**	**Máquina de Corte**	**90,5dB**
225	1min	08-Mai-2007 15:35:53	08-Mai-2007 15:36:56	89,6	49		
226	1min	08-Mai-2007 15:37:28	08-Mai-2007 15:38:31	88,9	50		
227	1min	08-Mai-2007 15:39:05	08-Mai-2007 15:40:07	91,5	51		
228	1min	08-Mai-2007 15:40:40	08-Mai-2007 15:41:43	90,7	52		
229	1min	08-Mai-2007 15:42:00	08-Mai-2007 15:43:03	92,4	53		
230	1min	08-Mai-2007 15:43:21	08-Mai-2007 15:44:24	94,7	54		
231	1min	08-Mai-2007 15:44:55	08-Mai-2007 15:45:57	94,2	55		
232	1min	08-Mai-2007 15:46:33	08-Mai-2007 15:47:36	94,1	56		
233	1min	08-Mai-2007 15:47:58	08-Mai-2007 15:49:01	95,1	57		
234	1min	08-Mai-2007 15:49:20	08-Mai-2007 15:50:22	**95,7**	**58**	**Máquina de Corte por Fita**	**95,7dB**
235	1min	08-Mai-2007 15:50:58	08-Mai-2007 15:52:00	94,8	59		
236	1min	08-Mai-2007 15:52:13	08-Mai-2007 15:53:16	94,3	60		
237	1min	08-Mai-2007 15:53:48	08-Mai-2007 15:54:51	94,2	61		
238	1min	08-Mai-2007 15:55:29	08-Mai-2007 15:56:32	92,3	62		
239	1min	08-Mai-2007 15:56:57	08-Mai-2007 15:57:59	92,1	63		
240	1min	08-Mai-2007 15:58:22	08-Mai-2007 15:59:24	91,2	64		
241	1min	08-Mai-2007 15:59:50	08-Mai-2007 16:00:53	**90,2**	**65**	**Serra de Fita**	**90,2dB**
242	1min	08-Mai-2007 16:01:24	08-Mai-2007 16:02:26	89,4	66		
243	1min	08-Mai-2007 16:02:58	08-Mai-2007 16:04:00	89,6	67		
244	1min	08-Mai-2007 16:04:31	08-Mai-2007 16:05:34	87,1	68		
245	1min	08-Mai-2007 16:06:04	08-Mai-2007 16:07:06	86,3	69		
246	1min	08-Mai-2007 16:07:37	08-Mai-2007 16:08:39	**88,7**	**70**	**Serra de Fita**	**88,7dB**
247	1min	08-Mai-2007 16:09:10	08-Mai-2007 16:10:12	87,9	71		
248	1min	08-Mai-2007 16:11:43	08-Mai-2007 16:12:45	86,4	72		
249	1min	08-Mai-2007 16:13:16	08-Mai-2007 16:14:19	85,9	73		
250	1min	08-Mai-2007 16:15:49	08-Mai-2007 16:16:52	**84,4**	**74**	**Aparelho de Soldar**	**74,6dB**
251	1min	08-Mai-2007 16:17:22	08-Mai-2007 16:18:25	80,5	75		
252	1min	08-Mai-2007 16:19:55	08-Mai-2007 16:20:58	83,1	76		
253	1min	08-Mai-2007 16:22:28	08-Mai-2007 16:23:31	**82,6**	**77**	**Máquina de Furar**	**82,6dB**
254	1min	08-Mai-2007 16:24:01	08-Mai-2007 16:25:04	83,2	78		
255	1min	08-Mai-2007 16:26:34	08-Mai-2007 16:27:37	86,1	79		
256	1min	08-Mai-2007 16:28:45	08-Mai-2007 16:29:48	80,9	80		

Tabela 15 – Medições na nave durante o período E - 14:00h às 16:30h

(Fonte: Autor)

Período de Avaliação A – 8:30h às 10:00h

Na Figura 92, para melhor compreensão, identificam-se apenas as máquinas em funcionamento neste período.

Figura 92 – Máquinas em funcionamento no período - A

(Fonte: Autor)

No SIG são construídas imagens ou seja matrizes de valores com coordenadas “x” (coluna), “y” (linha) e “z” como valor do elemento da matriz, correspondentes aos valores de amostragem recolhidos pelo Sonómetro em cada ponto de localização na nave industrial. Atribuindo uma cor ao valor presente em cada elemento da matriz (pixel), obtém-se uma imagem como a indicada na Figura 93, resultante de “medicoes-a.map”.

Figura 93 – Localização e valor dos pontos de amostragem - A

(Fonte: Autor)

Aplicando a técnica de interpolação, conhecida por Malha Irregular de Triângulos para interpolação de valores (*TIN*), obtém-se uma imagem com valores para todo o espaço geográfico como indicado na Figura 94, resultante de “interpol db – a.rst”.

Figura 94 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico – A

(Fonte: Autor)

Este resultado obtém-se projetando uma rede de triângulos definidos pelos pontos de medida sobre todo o espaço geográfico, Figura 95, resultante de “triangulos-a.vct”.

Figura 95 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - A

(Fonte: Autor)

Na Figura 96, resultante de “int-operários-a.map”, identificam-se os níveis de intensidade de ruído presentes em cada quadrícula (cada decímetro quadrado no terreno desta nave industrial) que irão afetar os trabalhadores, os quais estão localizados no seu interior.

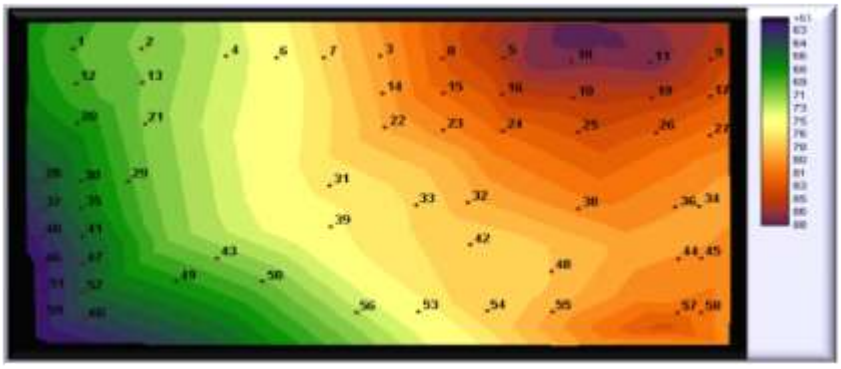


Figura 96 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – A

(Fonte: Autor)

Com base na imagem interpolada calculam-se também as zonas de risco. A imagem é reclassificada com a função “*RECLASS”*, de acordo com o critério definido no ficheiro de reclassificação, obtendo-se a imagem indicada na Figura 97, resultante de “reclass-a.map”.

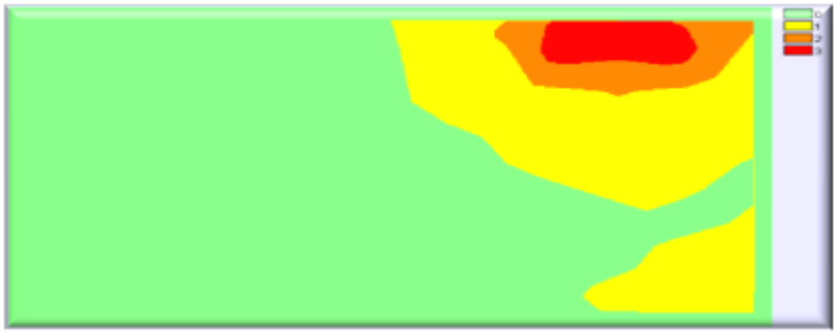


Figura 97 – Níveis de intensidade de ruído por classes - A

(Fonte: Autor)

Procedeu-se então à distribuição dos 60 trabalhadores em cada localização geográfica na nave industrial em estudo, obtendo-se a Figura 98, resultante de “rcl-operários-a.map”.

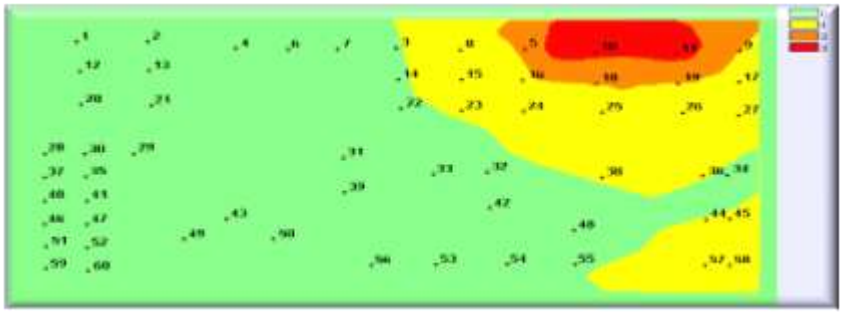


Figura 98 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - A

(Fonte: Autor)

Usando as funcionalidades do SIG para extração de informação estatística obteve-se a Tabela 16, resultante de “extract-rcl-a.avl”, onde se verifica que, caso o período de exposição fosse de 8 horas, a situação não seria segura apenas para uma pequena parte dos trabalhadores «somente 7% do total se encontrariam expostos a níveis iguais ou superiores a 85 dB(A), com 50% dos quais em níveis iguais ou superiores a 87 dB(A)», em termos de risco de perda de audição.

Nível de Ruído	Nº de Trabalhadores expostos
0 - inferior a 80 dB(A)	39
1 - entre 80 e 85 dB(A)	17
2 - entre 85 e 87 dB(A)	2
3 - igual ou acima de 87 dB(A)	2

Tabela 16 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - A

(Fonte: Autor)

Para avaliar o impacto destes níveis de ruído nos trabalhadores pode também analisar-se o histograma indicado na Figura 99, resultante de “hist int db a.rst” e “mask-edifício-oper.rst”.

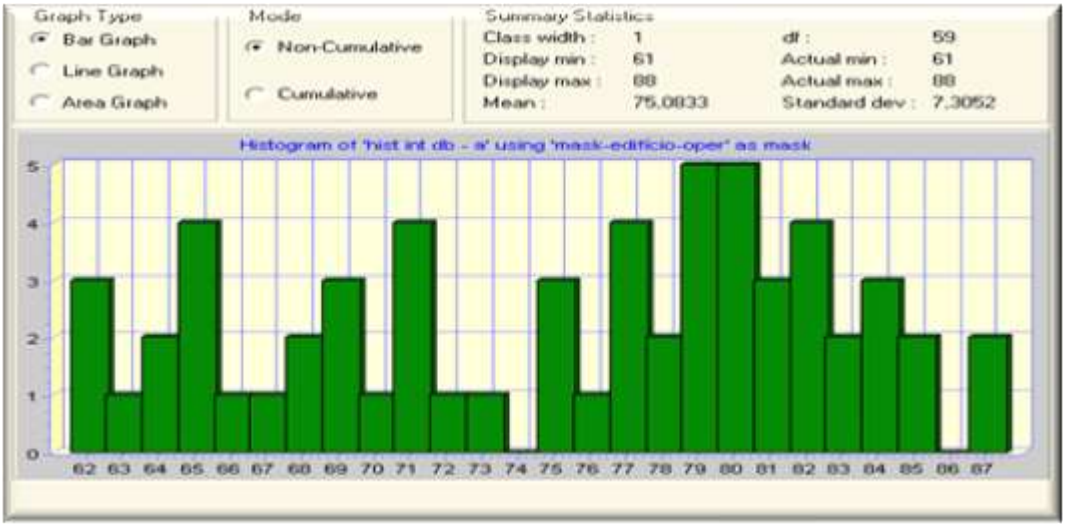


Figura 99 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - A

(Fonte: Autor)

Pode-se verificar que, neste período horário, a média de ruído por trabalhador é de 75,1 dB(A) com um desvio padrão de 7,31 dB.

Período de Avaliação B – 10:00h às 12:00h

Na Figura 100, para melhor compreensão, identificam-se apenas as máquinas em funcionamento neste período.

Figura 100 – Máquinas em funcionamento no período - B

(Fonte: Autor)

A localização e os valores da amostragem recolhidos pelo Sonómetro estão indicados na Figura 101, resultante de “medicoes-b.map”.

Figura 101 – Localização e valor dos pontos de amostragem - B

(Fonte: Autor)

Aplicando a técnica de interpolação, conhecida por Malha Irregular de Triângulos para interpolação de valores (*TIN*), obtém-se uma imagem com valores para todo o espaço geográfico como indicado na Figura 102, resultante de “interpol db – b.rst”.

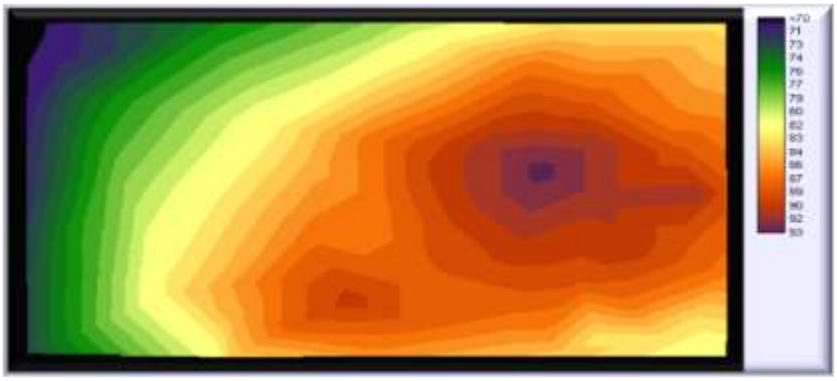


Figura 102 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - B

(Fonte: Autor)

Este resultado obtém-se projetando uma rede de triângulos definidos pelos pontos de medida sobre todo o espaço geográfico, Figura 103, resultante de “triangulos-b.vct”.

Figura 103 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - B

(Fonte: Autor)

Na Figura 104, resultante de “int-operários-b.map”, identificam-se os níveis de intensidade de ruído presentes em cada quadrícula (cada decímetro quadrado no terreno desta nave industrial) que irão afetar os trabalhadores, os quais estão localizados no seu interior.

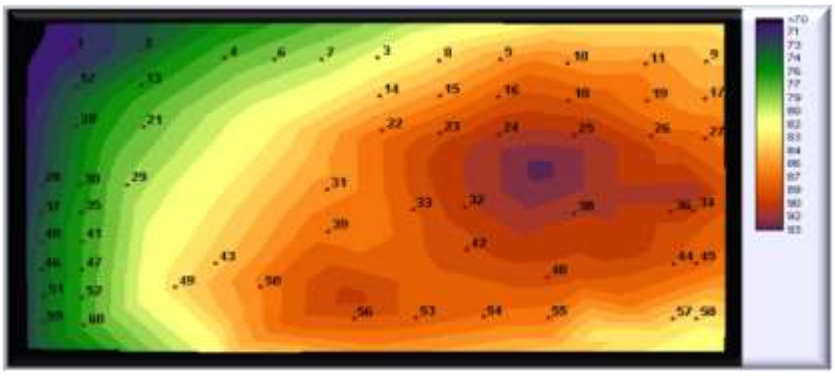


Figura 104 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – B

(Fonte: Autor)

Com base na imagem interpolada calculam-se também as zonas de risco e a imagem é reclassificada com a função “*RECLASS”*, de acordo com o critério definido no ficheiro de reclassificação, obtendo-se a imagem indicada na Figura 105, resultante de “reclass-b.map”.

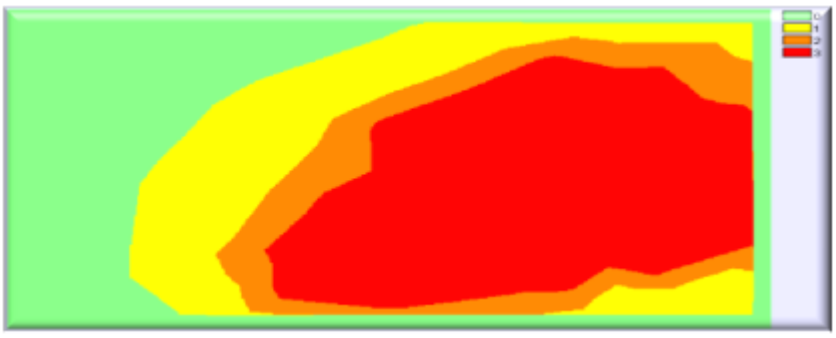


Figura 105 – Níveis de intensidade de ruído por classes - B

(Fonte: Autor)

Procedeu-se então à distribuição dos 60 trabalhadores em cada localização geográfica na nave industrial, obtendo-se a imagem da Figura 106, resultante de “rcl-operários-b.map”.

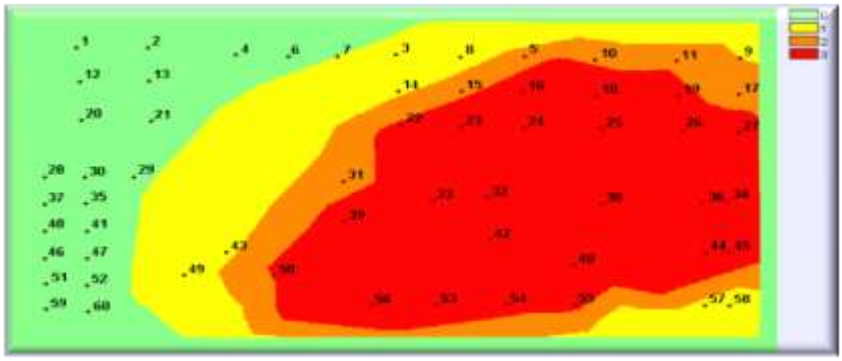


Figura 106 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - B

(Fonte: Autor)

Usando o SIG para extração de informação estatística, obteve-se a Tabela 17, resultante de "extract-rcl-b.avl", onde se verificou que, caso o período de exposição fosse de 8 horas, a situação não seria segura para uma parte significativa dos trabalhadores «50% do total estariam expostos a níveis iguais ou superiores a 85 dB(A), com 80% dos quais em níveis iguais ou superiores a 87 dB(A)», em termos de risco de perda de audição.

Nível de Ruído	Nº de Trabalhadores expostos
0 - inferior a 80 dB(A)	21
1 - entre 80 e 85 dB(A)	9
2 - entre 85 e 87 dB(A)	6
3 – igual ou acima de 87 dB(A)	24

Tabela 17 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - B

(Fonte: Autor)

Para avaliar o impacto destes níveis de ruído nos trabalhadores pode também analisar-se o histograma da Figura 107, resultante de "hist int db b.rst" e "mask-edifício-oper.rst".

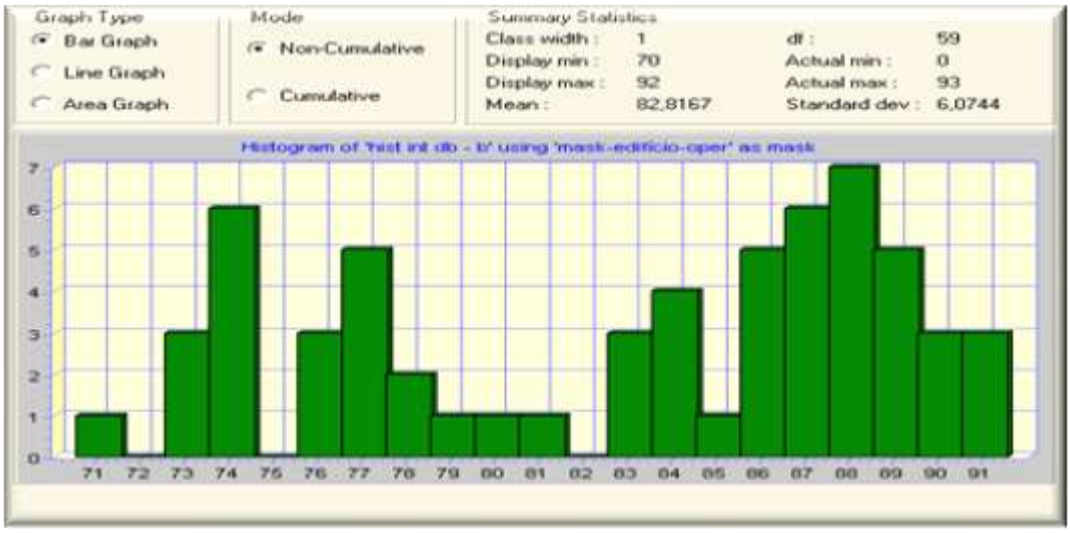


Figura 107 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - B

(Fonte: Autor)

Pode-se verificar que, neste período horário, a média de ruído por trabalhador é de 82,8 dB(A) com um desvio padrão de 6,07 dB.

Período de Avaliação C – 12:00h às 13:00h

Na Figura 108, para melhor compreensão, identificam-se apenas as máquinas em funcionamento neste período.

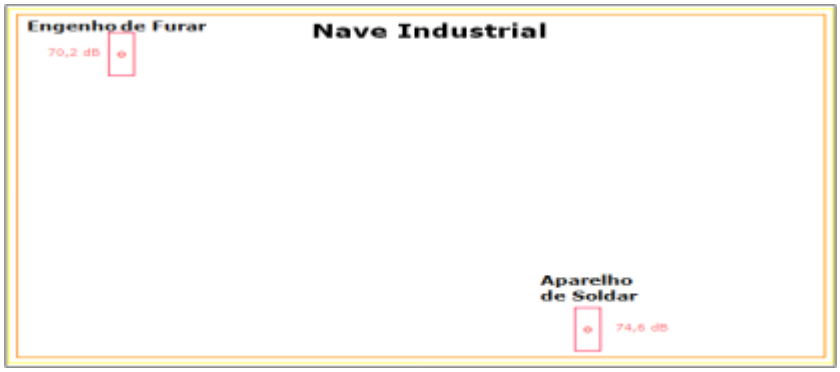


Figura 108 – Máquinas em funcionamento no período - C

(Fonte: Autor)

A localização e os valores da amostragem recolhidos pelo Sonómetro estão indicados na Figura 109, resultante de “medicoes-c.map”.

Figura 109 – Localização e valor dos pontos de amostragem - C

(Fonte: Autor)

Aplicando a técnica de interpolação, conhecida por Malha Irregular de Triângulos para interpolação de valores (*TIN*), obtém-se uma imagem com valores para todo o espaço geográfico como indicado na Figura 110, resultante de “interpol db – c.rst”.

Figura 110 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - C

(Fonte: Autor)

Este resultado obtém-se projetando uma rede de triângulos definidos pelos pontos de medida sobre todo o espaço geográfico, Figura 111, resultante de “triangulos-c.vct”.

Figura 111 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - C

(Fonte: Autor)

Na Figura 112, resultante de “int-operários-c.map”, identificam-se os níveis de intensidade de ruído presentes em cada quadrícula (cada decímetro quadrado no terreno desta nave industrial) que irão afetar os trabalhadores, os quais estão localizados no seu interior.

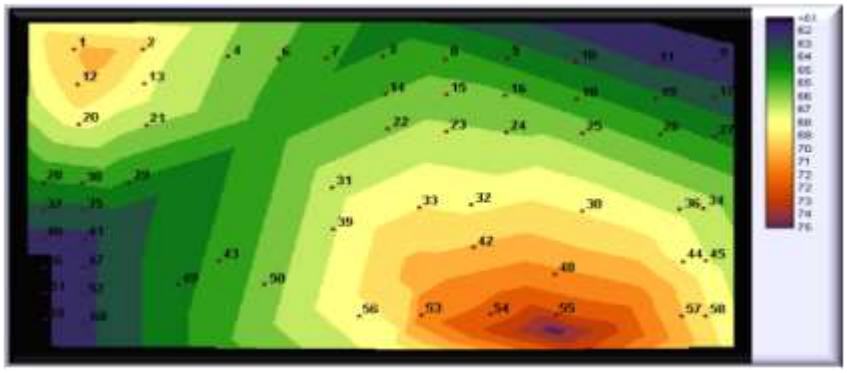


Figura 112 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – C

(Fonte: Autor)

Com base na imagem interpolada calculam-se também as zonas de risco. A imagem é reclassificada com a função “*RECLASS”*, de acordo com o critério definido no ficheiro de reclassificação, obtendo-se a imagem indicada na Figura 113, resultante de “reclass-c.map”.

Figura 113 – Níveis de intensidade de ruído por classes - C

(Fonte: Autor)

Procedeu-se então à distribuição dos 60 trabalhadores em cada localização geográfica na nave industrial, obtendo-se a imagem da Figura 114, resultante de “rcl-operários-c.map”.

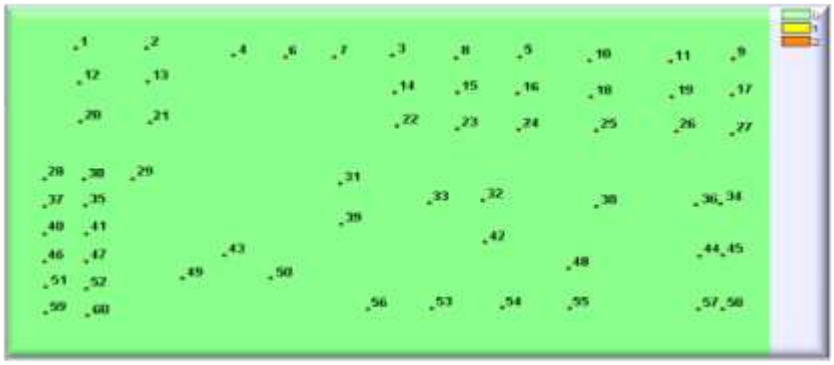


Figura 114 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - C

(Fonte: Autor)

Usando o SIG para extração de informação estatística obteve-se a Tabela 18, resultante de "extract-rcl-c.avl", onde se verifica que, caso o período de exposição fosse de 8 horas, seria razoavelmente segura para todos os trabalhadores «nenhum deles se encontraria exposto a níveis superiores a 80 dB(A)», em termos de risco de perda de audição.

Nível de Ruído	N° de Trabalhadores expostos
0 - inferior a 80 dB(A)	60
1 - entre 80 e 85 dB(A)	0
2 - entre 85 e 87 dB(A)	0
3 – igual ou acima de 87 dB(A)	0

Tabela 18 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - C

(Fonte: Autor)

Para avaliar o impacto destes níveis de ruído nos trabalhadores pode também analisar-se o histograma da Figura 115, resultante de "hist int db c.rst" e "mask-edifício-oper.rst".

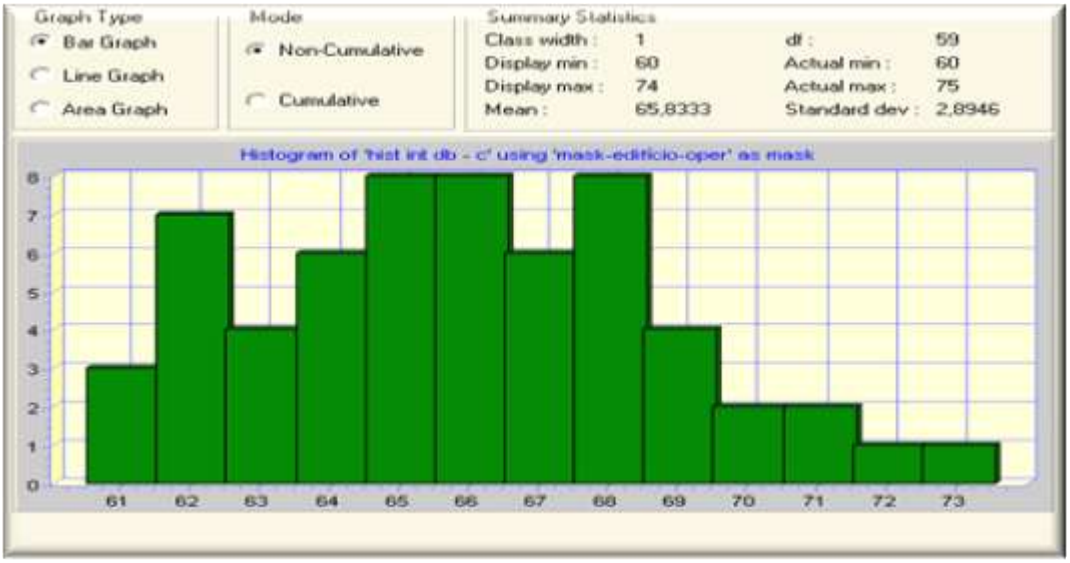


Figura 115 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - C

(Fonte: Autor)

Pode-se verificar que, neste período horário, a média de ruído por trabalhador é de 65,8 dB(A) com um desvio padrão de 2,89 dB.

Período de Avaliação D – 13:00h às 14:00h

Na Figura 116, para melhor compreensão, identificam-se apenas as máquinas em funcionamento neste período.

Figura 116 – Máquinas em funcionamento no período - D

(Fonte: Autor)

A localização e os valores da amostragem recolhidos pelo Sonómetro estão indicados na Figura 117, resultante de “medicoes-d.map”.

Figura 117 – Localização e valor dos pontos de amostragem - D

(Fonte: Autor)

Aplicando a técnica de interpolação, conhecida por Malha Irregular de Triângulos para interpolação de valores (*TIN*), obtém-se uma imagem com valores para todo o espaço geográfico como indicado na Figura 118, resultante de “interpol db – d.rst”.

Figura 118 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - D

(Fonte: Autor)

Este resultado obtém-se projetando uma rede de triângulos definidos pelos pontos de medida sobre todo o espaço geográfico, Figura 119, resultante de “triangulos-d.vct”.

Figura 119 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - D

(Fonte: Autor)

Na Figura 120, resultante de “int-operários-d.map”, identificam-se os níveis de intensidade de ruído presentes em cada quadrícula (cada decímetro quadrado no terreno desta nave industrial) que irão afetar os trabalhadores, os quais estão localizados no seu interior.

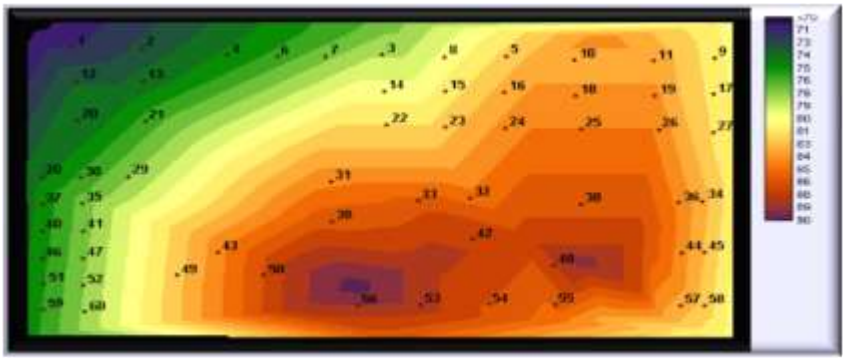


Figura 120 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – D

(Fonte: Autor)

Com base na imagem interpolada calculam-se também as zonas de risco. A imagem é reclassificada com a função “*RECLASS”*, de acordo com o critério definido no ficheiro de reclassificação, obtendo-se a imagem da Figura 121, resultante de “reclass-d.map”.

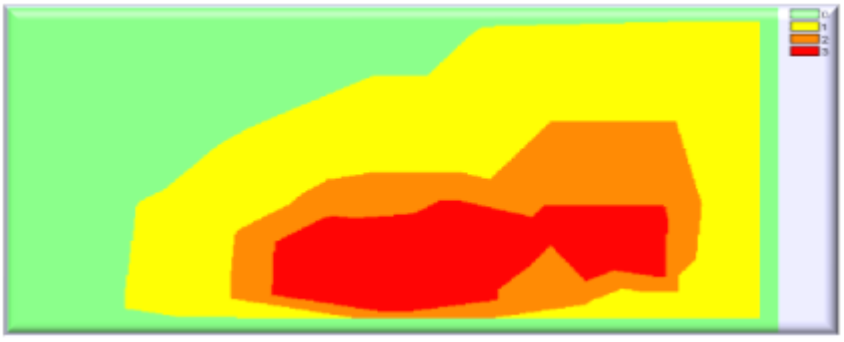


Figura 121 – Níveis de intensidade de ruído por classes - D

(Fonte: Autor)

Procedeu-se então à distribuição dos 60 trabalhadores em cada localização geográfica na nave industrial, obtendo-se a imagem da Figura 122, resultante de “rcl-operários-d.map”.

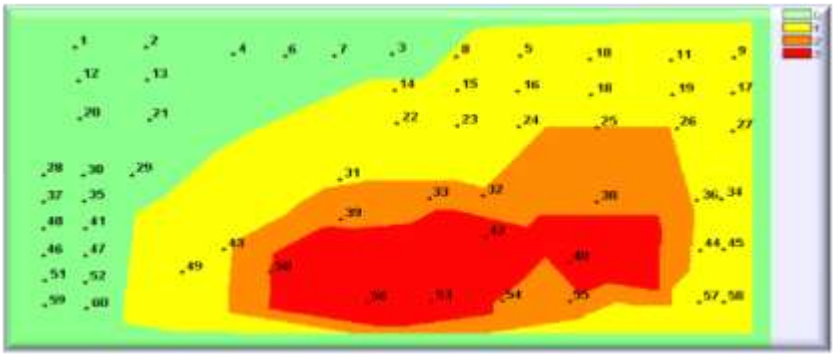


Figura 122 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - D

(Fonte: Autor)

Usando o SIG para extração de informação estatística obteve-se a Tabela 19, resultante de "extract-rcl-d.avl", onde se verifica que a situação, caso o período de exposição fosse de 8 horas, não seria segura para uma parte pouco significativa dos trabalhadores «apenas 20% do total se encontrariam expostos a níveis iguais ou superiores a 85 dB(A), com 42% dos quais em níveis iguais ou superiores a 87 dB(A)», em termos de risco de perda de audição.

Nível de Ruído	Nº de Trabalhadores expostos
0 - inferior a 80 dB(A)	23
1 - entre 80 e 85 dB(A)	25
2 - entre 85 e 87 dB(A)	7
3 – igual ou acima de 87 dB(A)	5

Tabela 19 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - D

(Fonte: Autor)

Para avaliar o impacto destes níveis de ruído nos trabalhadores pode também analisar-se o histograma da Figura 123, resultante de "hist int db d.rst" e "mask-edifício-oper.rst".

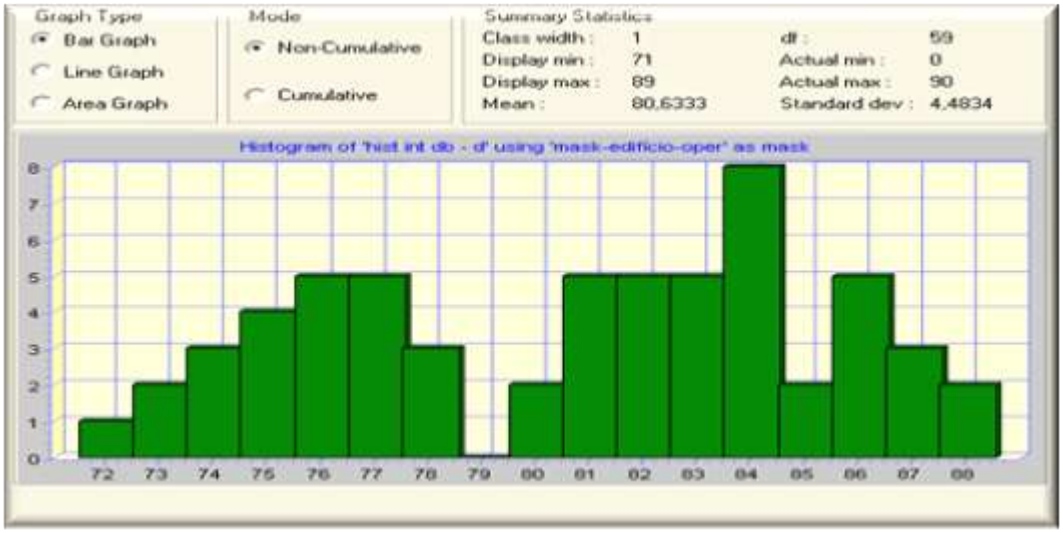


Figura 123 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - D

(Fonte: Autor)

Pode-se verificar que, neste período horário, a média de ruído por trabalhador é de 80,6 dB(A) com um desvio padrão de 4,48 dB.

Período de Avaliação E – 14:00h às 16:30h

Na Figura 124, para melhor compreensão, verifica-se que todas as máquinas se encontram em funcionamento neste período.

Figura 124 – Máquinas em funcionamento no período - E

(Fonte: Autor)

A localização e os valores da amostragem recolhidos pelo Sonómetro estão indicados na Figura 125, resultante de “medicoes-e.map”.

Figura 125 – Localização e valor dos pontos de amostragem - E

(Fonte: Autor)

Aplicando a técnica de interpolação, conhecida por Malha Irregular de Triângulos para interpolação de valores (*TIN*), obtém-se uma imagem com valores para todo o espaço geográfico como indicado na Figura 126, resultante de “interpol db – e.rst”.

Figura 126 – Interpolação das medidas a todo o espaço geográfico - E

(Fonte: Autor)

Este resultado obtém-se projetando uma rede de triângulos definidos pelos pontos de medida sobre todo o espaço geográfico, Figura 127, resultante de “triangulos-e.vct”.

Figura 127 – Malha irregular de triângulos para interpolação de valores (*TIN*) - E

(Fonte: Autor)

Na Figura 128, resultante de “int-operários-e.map”, identificam-se os níveis de intensidade de ruído presentes em cada quadrícula (cada decímetro quadrado no terreno desta nave industrial) que irão afetar os trabalhadores, os quais estão localizados no seu interior.

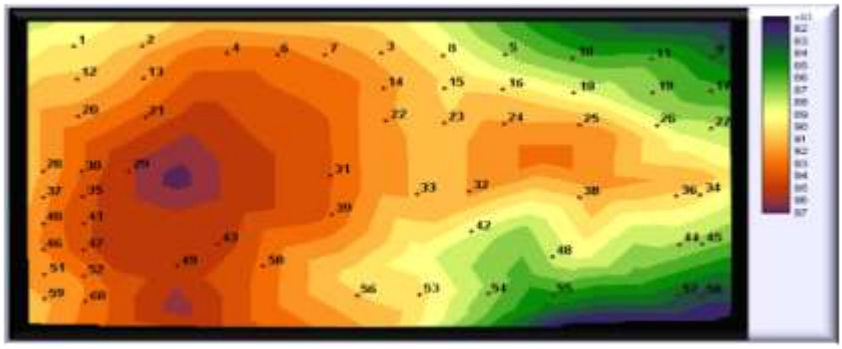


Figura 128 – Localização dos trabalhadores dentro do mapa de ruído – E

(Fonte: Autor)

Com base na imagem interpolada calculam-se também as zonas de risco. A imagem é reclassificada com a função “*RECLASS”*, de acordo com o critério definido no ficheiro de reclassificação, obtendo-se a imagem indicada na Figura 129, resultante de “reclass-e.map”.

Figura 129 – Níveis de intensidade de ruído por classes - E

(Fonte: Autor)

Procedeu-se então à distribuição dos 60 trabalhadores em cada localização geográfica na nave industrial, obtendo-se a imagem da Figura 130, resultante de “rcl-operários-e.map”.

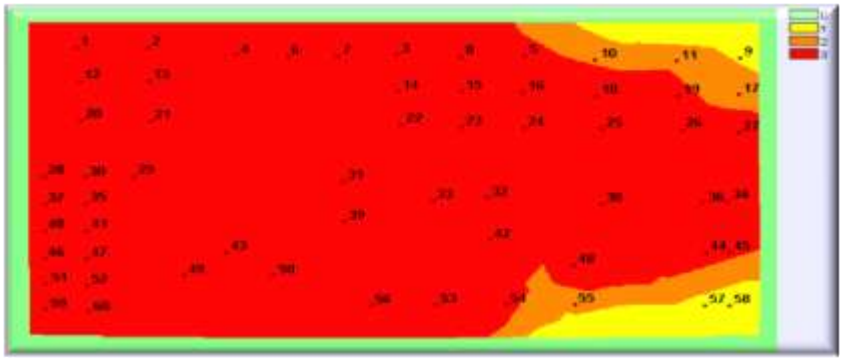


Figura 130 – Distribuição dos trabalhadores dentro das zonas de ruído - E

(Fonte: Autor)

Usando o SIG para extração de informação estatística obteve-se a Tabela 20, resultante de "extract-rcl-e.avl", onde se verifica que a situação, caso o período de exposição fosse de 8 horas, seria bastante perigosa para a maioria dos trabalhadores «95% do total se encontrariam expostos a níveis iguais ou superiores a 85 dB(A), com 93% dos quais em níveis iguais ou superiores a 87 dB(A)», em termos de risco de perda de audição.

Nível de Ruído	Nº de Trabalhadores expostos
0 - inferior a 80 dB(A)	0
1 - entre 80 e 85 dB(A)	3
2 - entre 85 e 87 dB(A)	4
3 – igual ou acima de 87 dB(A)	53

Tabela 20 – Número de trabalhadores afetados pelo ruído - E

(Fonte: Autor)

Para avaliar o impacto destes níveis de ruído nos trabalhadores pode também analisar-se o histograma da Figura 131, resultante de "hist int db e.rst" e "mask-edifício-oper.rst".

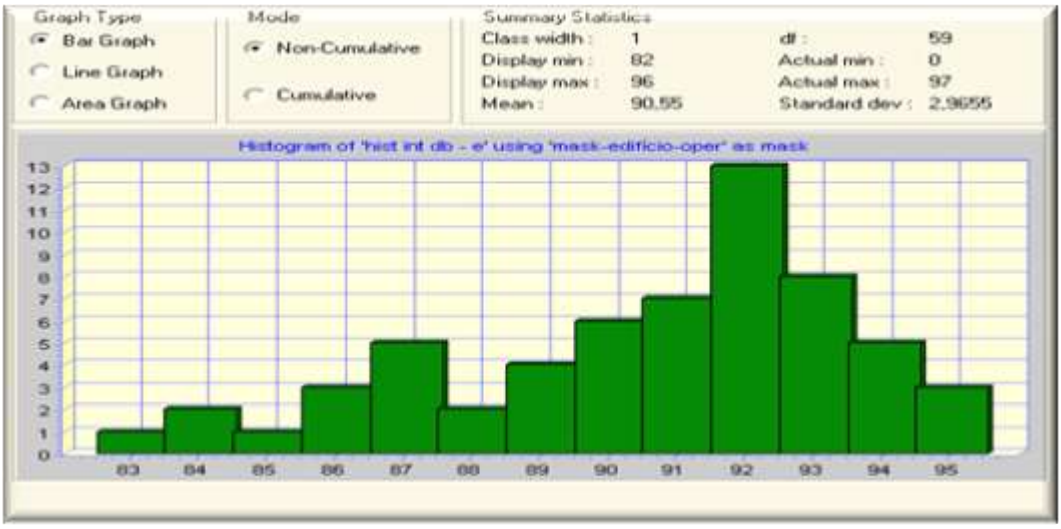


Figura 131 – Número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído dB(A) - E

(Fonte: Autor)

Pode-se verificar que, neste período horário, a média de ruído por trabalhador é de 90,6 dB(A) com um desvio padrão de 2,97 dB.

2.1.3.5 Exposição Pessoal Diária ao Ruído durante o Trabalho

Como nem todos os trabalhadores estão expostos 8 diárias ao ruído, é necessário fazer a correção em função desse tempo. De acordo com a atividade de cada trabalhador, foi estimado o seu tempo de exposição ao ruído verificado em cada posto de trabalho, Figura 132, “leq posto txt expo diária.map”.

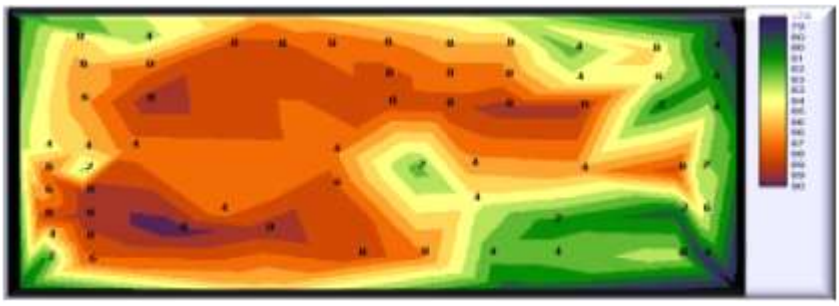


Figura 132 – Número de horas de exposição dos trabalhadores ao ruído – dB(A)

(Fonte: Autor)

Como os limites máximos de exposição ao ruído são também função da duração dos períodos de exposição dos trabalhadores a esse mesmo ruído, é calculada a exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho. Esse valor $L_{EP,d}$ é calculado e expresso em dB(A) pela Equação [17]:

$$L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10log_{10}\left(\frac{T_e}{T_0}\right) \qquad [17]$$

Onde,

T_e – tempo de duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho

T_0 – jornada de 8 horas = 28800 segundos

A partir dos tempos estimados de permanência dos trabalhadores nos locais de trabalho indicados na Tabela 21 – Listagem dos trabalhadores expostos e do nível de exposição, e dos valores de ruído a que estão sujeitos, obtém-se a imagem Exposição Pessoal Diária indicada na Figura 133, resultante de “val txt expo diária.map”.

Figura 133 – Exposição pessoal de cada trabalhador - dB(A)

(Fonte: Autor)

Neste caso, o histograma resultante está indicado na Figura 134, resultante de “hist int exp dia db.rst” e “mask-edifício-oper.rst”. Sendo que o valor médio de ruído por trabalhador agora é de 83,9 dB(A) com um desvio padrão de 6,19 dB.

Figura 134 – Histograma da exposição pessoal dos trabalhadores ao ruído - dB(A)

(Fonte: Autor)

Associado ao SIG, encontra-se uma Base de Dados que está ligada à imagem com o N.º do Trabalhador (ID), contendo como atributos (colunas): Nome do trabalhador (dados fictícios por razões de proteção individual e coletiva), Antiguidade, Horário e Turno, Horas de Trabalho, Medições, Nível Sonoro e Exposição Diária, conforme indicado na Figura 135.

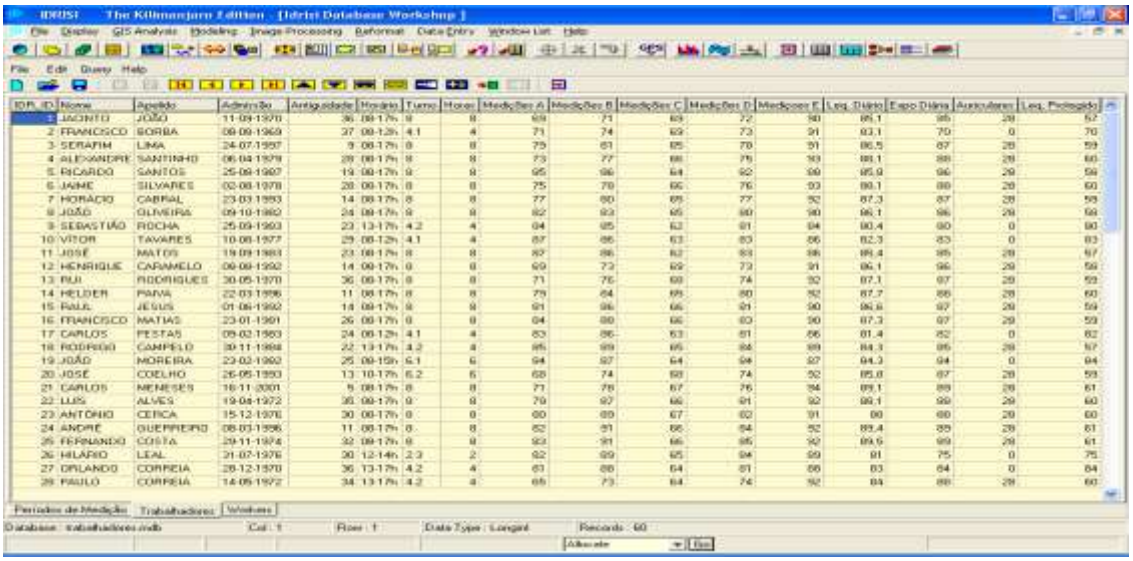


Figura 135 – Base de dados com a informação sobre os trabalhadores

(Fonte: Autor)

A situação, em termos da exposição ao ruído de todos os trabalhadores, encontra-se resumida na Tabela 21 indicando-se a laranja os trabalhadores expostos a níveis entre os 85 e 87 dB(A) e a vermelho os que estão expostos a níveis iguais ou superiores a 87 dB(A), onde os valores de Exposição Pessoal Diária se obtêm através da Equação [18]:

$$L_{eq,diário} = 10log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) + \frac{1}{T_e}\sum_{i=1}^{n}\left(10^{\frac{L_{I_1}}{10}} + 10^{\frac{L_{I_2}}{10}} + 10^{\frac{L_{I_n}}{10}}\right) \quad [18]$$

Onde,

T_e – 2, 4, 6 ou 8 horas diárias por trabalhador

T_0 – jornada de 8 horas = 28800 segundos

n – número de períodos horários em que cada trabalhador está presente

L_{In} – níveis de ruído em cada período horário

É sempre importante considerar que este modelo de obtenção de resultados de exposição ao ruído representa uma razoável aproximação a uma realidade efetiva somente conseguida por recurso à utilização de dosímetros individuais por cada trabalhador ao longo de 8 horas.

Resulta da observação da mesma Tabela (ou por simples consulta na Base de Dados) que, por forma a minimizar-se o problema e de acordo com a legislação atual, deverão ser disponibilizados protetores auditivos com significativa capacidade de atenuação aos 40 trabalhadores que cuja exposição iguala ou excede os 85 dB(A) «Nível de Acção», sendo que, neste grupo, os 29 que igualam ou excedem os 87 dB(A) «Valor-Limite», deverão usá-los obrigatoriamente ou, **preferencialmente, serem aplicadas as medidas construtivas de engenharia e/ou organizacionais para o controlo desse ruído**, designadamente através de um Programa de Medidas Técnicas apropriadas.

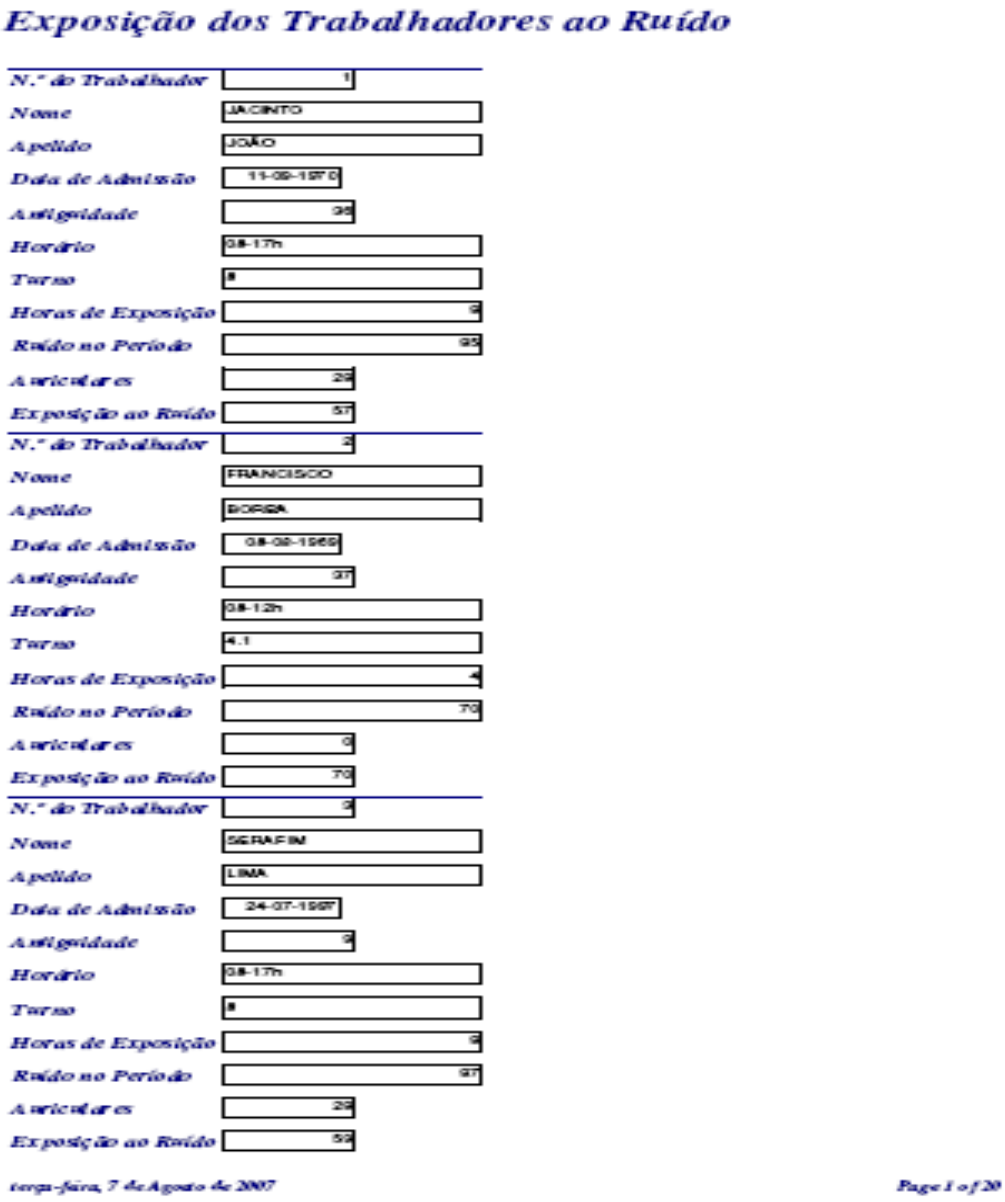
Para o efeito, e ao abrigo do n.º 3 do Anexo V do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 06 de Setembro, como os espectros de ruído das máquinas utilizadas não contêm componentes significativas de baixa frequência, selecionou-se um protetor auditivo "*PVC Foam Head Gear*" do tipo "*Classic Small*" com *SNR* = 28 (*Single Number Rating* ou *Single Noise Reduction*) e H = 31, M = 25, L = 21 (*High, Medium and Low*).

Operário	Horário	Turno	Horas	Ruído (dB) em cada Período de Medições					Leq, diário no Posto de Trabalho (dB)	Exposição Pessoal Diária (dB)	Auriculares (dB)	Exposição Pessoal Diária Protegida (dB)
				08:30h 10:00h	10:00h 12:00h	12:00h 13:00h	13:00h 14:00h	14:00h 16:30h				
				1,5	2	1	1	2,5				
				A	B	C	D	E				
1	08-17h	8	8	69	71	69	72	90	85,1	85	28	57
2	08-12h	4.1	4	71	74	69	73	91	83,1	70	0	70
3	08-17h	8	8	79	81	65	78	91	86,5	87	28	59
4	08-17h	8	8	73	77	66	75	93	88,1	88	28	60
5	08-17h	8	8	85	86	64	82	88	85,8	86	28	58
6	08-17h	8	8	75	78	66	76	93	88,1	88	28	60
7	08-17h	8	8	77	80	65	77	92	87,3	87	28	59
8	08-17h	8	8	82	83	65	80	90	86,1	86	28	58
9	13-17h	4.2	4	84	85	62	81	84	80,4	80	0	80
10	08-12h	4.1	4	87	86	63	83	86	82,3	83	0	83
11	08-17h	8	8	87	86	62	83	86	85,4	85	28	57
12	08-17h	8	8	69	73	69	73	91	86,1	86	28	58
13	08-17h	8	8	71	76	68	74	92	87,1	87	28	59
14	08-17h	8	8	79	84	65	80	92	87,7	88	28	60
15	08-17h	8	8	81	86	66	81	90	86,6	87	28	59
16	08-17h	8	8	84	88	66	83	90	87,3	87	28	59
17	08-12h	4.1	4	83	86	63	81	86	81,4	82	0	82
18	13-17h	4.2	4	85	89	65	84	89	84,3	85	28	57
19	08-15h	6.1	6	84	87	64	84	87	84,3	84	0	84
20	10-17h	6.2	6	68	74	68	74	92	85,8	87	28	59
21	08-17h	8	8	71	78	67	76	94	89,1	89	28	61
22	08-17h	8	8	79	87	66	81	92	88,1	88	28	60
23	08-17h	8	8	80	89	67	82	91	88,0	88	28	60
24	08-17h	8	8	82	91	66	84	92	89,4	89	28	61
25	08-17h	8	8	83	91	66	85	92	89,5	89	28	61
26	12-14h	2.3	2	82	89	65	84	89	81,0	75	0	75
27	13-17h	4.2	4	81	88	64	81	88	83,0	84	0	84
28	13-17h	4.2	4	65	73	64	74	92	84,0	88	28	60
29	13-17h	4.2	4	69	79	64	77	95	87,1	91	28	63
30	08-12h	4.1	4	67	76	65	76	93	85,1	71	0	71
31	13-17h	4.2	4	76	86	67	84	94	86,6	90	28	62
32	08-12h	4.1	4	78	90	68	85	92	86,0	85	28	57
33	14-16h	2.4	2	77	88	68	86	91	81,8	85	28	57
34	12-14h	2.3	2	89	90	67	83	90	82,7	74	0	74
35	08-10h	2.1	2	66	76	63	77	94	83,0	60	0	60
36	08-17h	8	8	80	90	67	84	90	87,9	88	28	60
37	08-17h	8	8	64	73	63	75	92	87,0	87	28	59
38	13-17h	4.2	4	80	91	68	86	91	85,9	87	28	59
39	08-15h	6.1	6	75	87	67	86	93	87,8	85	28	57
40	08-15h	6.1	6	63	74	62	75	92	85,8	80	0	80
41	08-17h	8	8	65	77	62	77	94	89,1	89	28	61
42	13-17h	4.2	4	77	89	70	87	89	84,2	86	28	58
43	08-12h	4.1	4	71	84	65	84	95	87,3	79	0	79
44	10-12h	2.2	2	80	88	68	84	87	79,6	82	0	82
45	10-17h	6.2	6	80	88	68	82	87	84,2	85	28	57
46	08-17h	8	8	62	74	61	75	93	88,0	88	28	60
47	08-17h	8	8	65	77	62	77	94	89,1	89	28	61
48	08-10h	2.1	2	78	89	71	87	88	80,7	72	0	72
49	08-17h	8	8	68	83	64	82	95	90,3	90	28	62
50	08-17h	8	8	70	87	66	87	93	89,1	89	28	61
51	08-12h	4.1	4	62	74	61	76	92	84,0	69	0	69
52	08-17h	8	8	65	77	62	78	93	88,1	88	28	60
53	08-17h	8	8	75	88	71	88	90	87,5	87	28	59
54	08-12h	4.1	4	77	87	72	86	87	82,3	82	0	82
55	13-17h	4.2	4	79	87	73	86	85	81,6	82	0	82
56	08-17h	8	8	72	88	68	88	91	88,0	88	28	60
57	08-17h	8	8	81	84	70	83	84	82,8	83	0	83
58	08-12h	4.1	4	81	83	69	82	83	78,9	79	0	79
59	10-12h	2.2	2	63	74	61	76	92	81,0	68	0	68
60	10-17h	6.2	6	64	77	62	78	93	86,8	88	28	60

Tabela 21 – Listagem dos trabalhadores expostos e do nível de exposição ao ruído – dB(A)

(Fonte: Autor)

A partir da Base de Dados do SIG, podem ser produzidas fichas individuais com a situação do trabalhador face à sua exposição ao ruído. A título ilustrativo, indica-se um modelo para a ficha individual de exposição ao ruído na Figura 136 – Exemplo de um Relatório obtido a partir da Base de Dados do SIG.



Exposição dos Trabalhadores ao Ruído

N.º do Trabalhador	1
Nome	JACINTO
Apelido	JOÃO
Data de Admissão	11-05-1970
Antiguidade	36
Horário	08-17h
Turno	8
Horas de Exposição	8
Ruído no Período	95
Auriculares	25
Exposição ao Ruído	57
N.º do Trabalhador	2
Nome	FRANCISCO
Apelido	BORGA
Data de Admissão	08-02-1965
Antiguidade	37
Horário	08-12h
Turno	4.1
Horas de Exposição	4
Ruído no Período	70
Auriculares	0
Exposição ao Ruído	70
N.º do Trabalhador	3
Nome	SERAFIM
Apelido	LIMA
Data de Admissão	24-07-1987
Antiguidade	9
Horário	08-17h
Turno	8
Horas de Exposição	8
Ruído no Período	97
Auriculares	25
Exposição ao Ruído	59

Figura 136 – Relatório obtido a partir da base de dados do SIG

(Fonte: Autor)

2.1.3.6 Programa de Medidas Técnicas

Efectuadas as medições do ruído laboral em diversos pontos das instalações da fábrica, de forma a caracterizar-se a situação acústica na fábrica, bem como o impacto sonoro nos trabalhadores, resultante da atividade normal da fábrica, e ainda por análise aos resultados obtidos por aplicação da metodologia por interpolação (*TIN*), determinou-se o grau de conformidade com o estipulado no Decreto-Lei 182/2006, de 06 de Setembro.

Conclusões:

Da medição e análise aos níveis de ruído existentes, verificou-se que:

a) Na situação de normal funcionamento (sem operações especiais de corte, rebarbagem, chanfragem e fresagem) o nível médio de ruído medido dentro da nave foi quase sempre inferior a 80 dB(A);

b) Em operações pontuais de corte, rebarbagem, chanfragem e fresagem, este valor andou praticamente sempre acima dos 80 dB(A), dependendo o seu valor exato da natureza da operação da máquina envolvida e da quantidade de máquinas em funcionamento simultâneo;

c) Em operações particularmente ruidosas, o nível de ruído pode, junto ao operador, superar bastante o valor crítico de 87 dB(A).

Recomendações:

a) Utilização de protetores auriculares para a generalidade dos trabalhadores presentes na zona fabril, uma vez ter-se detetado que apenas 1/3 do total, 20 em 60 trabalhadores, se encontravam expostos a níveis de ruído inferiores a 85 dB(A) onde, 10 dos quais já sofriam uma influência mínima de 80 dB(A);

b) Os operadores quando estiverem em operações especiais de corte, rebarbagem, chanfragem e fresagem, deverão usar obrigatoriamente protetores auriculares, designadamente os que se encontram sinalizados com níveis de exposição igual ou superior a 87 dB(A);

c) Em virtude dos espectros de ruído das máquinas utilizadas não conterem componentes significativas de baixa frequência e por questões de conforto individual, recomendou-se protectores auditivos "*PVC Foam Head Gear*" do tipo "*Classic Small*" com capacidade de atenuação de 28 dB, cujas características são: *SNR* = 28 e *H* = 31, *M* = 25, *L* = 21;

d) O não cumprimento desta recomendação poderá conduzir o trabalhador a uma situação de surdez profissional irreversível por trauma auditivo;

e) Elaboração de um programa de medidas técnicas destinado a diminuir a produção ou a propagação do ruído no interior da fábrica;

f) Vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores expostos ao ruído, com os mesmos a serem informados dos resultados das avaliações da sua exposição ao ruído.

Aplicação de Medidas Técnicas:

Nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído de, no mínimo, 85 dB(A) «valor de ação superior», a empresa deverá estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais.

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

A empresa deverá 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, devendo ainda assegurar que os riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores resultantes da exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo, mediante:

a) Métodos de trabalho alternativos e adequados para reduzir a exposição ao ruído;

b) Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo ruído possível, incluindo a possibilidade de disponibilizar equipamento de trabalho aos trabalhadores cuja conceção e cujo fabrico respeitem o objetivo ou o efeito da limitação da exposição ao ruído;

c) Conceção, disposição e organização dos locais e dos postos de trabalho;

d) Informação e formação adequadas aos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento a fim de reduzir ao mínimo a sua exposição ao ruído;

e) Medidas técnicas de redução do ruído, nomeadamente barreiras acústicas, encapsulamento e revestimento com material de absorção sonora para redução do ruído transmitido à estrutura;

f) Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e dos sistemas aí existentes;

g) Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade da exposição;

h) Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados.

Sinalização e Restrição de Acesso aos Locais de Trabalho:

Os referidos locais de trabalho deverão estar sinalizados de acordo com a legislação aplicável à sinalização de segurança e saúde, ser delimitados e o acesso aos mesmos ser restrito, sempre que seja tecnicamente possível e o risco de exposição assim o justifique:

a) Os locais de descanso deverão ter um nível de ruído compatível com o seu objetivo e com as suas condições de utilização;

b) A empresa deverá adaptar as referidas medidas a trabalhadores particularmente sensíveis aos riscos resultantes da exposição ao ruído.

Medidas a serem Tomadas:

Lista indicativa de medidas que deverão ser tomadas para a redução dos riscos ligados à exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho:

Medidas de caráter específico para redução do ruído na fonte:

- ✓ Utilização de máquinas, aparelhos, ferramentas e instalações pouco ruidosos;
- ✓ Aplicação de silenciadores e atenuadores sonoros;
- ✓ Utilização de chumaceiras, engrenagens e estruturas com menor emissão de ruído;
- ✓ Evitar valores elevados, como os que aparecem, por exemplo, nos choques muito fortes (pela utilização de material resiliente nas superfícies de impacto), quedas de grande altura ou fortes resistências aerodinâmicas;
- ✓ Assegurar o dimensionamento correto (reforços da estrutura com blocos de inércia e elementos anti-vibráticos), acabamentos à máquina (equilibragem e polimento de superfícies) e uma escolha correta dos materiais;
- ✓ Promoção regular da manutenção dos equipamentos.

Medidas para a resolução da transmissão do ruído:

- ✓ Atenuação da transmissão de ruído de percurso, com reforço das estruturas;

- ✓ Desacoplamento dos elementos que radiam o ruído da fonte, por exemplo pela utilização de ligações flexíveis nas tubagens;
- ✓ Isolamento contra vibrações;
- ✓ Utilização de silenciadores nos escoamentos gasosos e nos escapes.
- ✓ Medidas da radiação sonora:
  - ➢ Aumento da absorção da envolvente acústica e barreiras acústicas;
  - ➢ Encapsulamento das máquinas;
  - ➢ Separação dos locais por:
    - ▪ Limitação da propagação do ruído, por exemplo pela compartimentação dos locais e pela colocação de divisórias e de cabinas;
    - ▪ Concentração das fontes de ruído em locais sinalizados e de acesso limitado.

Medidas respeitantes à acústica de edifícios:

- ✓ Aumento da distância entre a fonte de ruído e a localização dos postos de trabalho;
- ✓ Montagem de tetos, divisórias, portas, janelas ou pavimentos com elevado isolamento sonoro;
- ✓ Montagem de elementos absorventes do som;
- ✓ Otimização da difusibilidade sonora (aumento das distâncias entre as superfícies refletoras e os postos de trabalho).

Organização do trabalho:

- ✓ Rotatividade dos postos de trabalho;
- ✓ Execução dos trabalhos mais ruidosos fora do horário normal ou em locais com o menor número de trabalhadores expostos;
- ✓ Limitação da duração do trabalho em ambientes muito ruidosos.

Equipamento de Proteção Individual:

Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados, a empresa deverá disponibilizar equipamentos de proteção individual aos trabalhadores:

- ✓ Sempre que seja ultrapassado o valor de ação superior;
- ✓ Assegurar que os trabalhadores utilizem os protetores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse o valor de ação superior;
- ✓ Assegurar que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição;
- ✓ Aplicação de medidas que garantam a utilização de protetores auditivos pelos trabalhadores, controlando a sua eficácia.

Promoção da Vigilância da Saúde:

A empresa deverá assegurar ao trabalhador, que tenha estado exposto ao ruído acima do valor de ação superior, a verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos, de dois em dois anos, para exposições acima do valor de ação inferior.

2.1.4 Desenvolvimento de um indicador de faixa de nível de pressão sonora de baixo custo, atuando como sistema permanente de monitoração de ruído

Este estudo(97) teve como objetivo o projeto e implementação de um indicador de faixa de nível de pressão sonora com vista a exibir os valores do nível de ruído recolhidos, em decibel ponderado na escala "A", dB(A), e funcionando como um sistema de monitorização permanente.

O instrumento apresenta, como indicador de faixa de nível de ruído, 3 conjuntos luminosos: verde, amarelo e vermelho, quanto ao nível de ruído presente no ambiente em análise:

- ✓ Verde: aceitável para o conforto acústico das pessoas presentes e, portanto, não prejudicará as atividades a serem desenvolvidas.
- ✓ Amarelo: dentro da faixa permitida para o conforto acústico, sem prejudicar o desenvolvimento das atividades.
- ✓ Vermelho: acima do permitido para a atividade, podendo provocar stresse, desconcentração na atividade, dores de cabeça e outros sintomas causados pela exposição ao ruído no ambiente mas sem causar potencial dano ao sistema auditivo.

Estes valores utilizam como referência a norma brasileira *NBR 10152/1987*[45].

Para a construção do circuito eletrónico utilizou-se um microfone de eletreto omnidirecional, um pré-amplificador, um filtro que simulará a curva de ponderação "A", um detetor de *RMS* (*Root Mean Square*) e um circuito comparador que compara o sinal de entrada com os valores de referência especificados.

O pré-amplificador, o filtro e o detetor de *RMS* adequam o sinal de entrada para as especificações do projeto e funcionam como um condicionador de sinal.

Com o desenvolvimento deste projeto, acreditou-se ser possível monitorizar, a um baixo custo, corredores de escolas, hospitais, ambientes externos e outros locais que possuam limites máximos para níveis de ruído estabelecidos pelas normas, uma vez que os componentes eletrónicos utilizados são de uso comercial corrente e com uma boa precisão.

A calibração do protótipo teve como padrão o Analisador *PULSE* da *Brüel & Kjær* e foi realizada através da comparação dos valores medidos no *PULSE* e no protótipo em desenvolvimento, a partir da geração de Ruído Rosa[46] no interior de um determinado ambiente.

Assim, o microfone a ser calibrado foi colocado bem próximo do microfone ligado ao *PULSE*, tendo-se ajustado, para cada valor próximo do nível de pressão sonora medido pelo *PULSE*, a tensão do circuito comparador para acender correspondente grupo luminoso.

[45] *NBR 10152/1987*, de dezembro. Fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

[46] Ruído rosa ou ruído de 1/f é um sinal ou um processo onde tanto o espectro de frequências como a densidade espectral de potência são inversamente proporcionais à frequência do sinal. O termo originou-se pelas características desse ruído serem intermediárias entre o ruído branco ($1/f^0$) e o ruído vermelho ($1/f^2$), mais conhecido como ruído *browniano*.

Ilustram-se algumas imagens do protótipo, Figura 137, Figura 138, Figura 139, Figura 140 e Figura 141, bem como o seu diagrama de blocos, Figura 142, que mostra cada etapa do circuito utilizado no projeto, desde a etapa de amplificação do sinal até à etapa de visualização na saída.

A tensão de "*0 V*" «*GND – Ground*» é utilizada como referência.

Figura 137 – Vista frontal externa do protótipo

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

Figura 138 – Vista frontal interna do protótipo

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

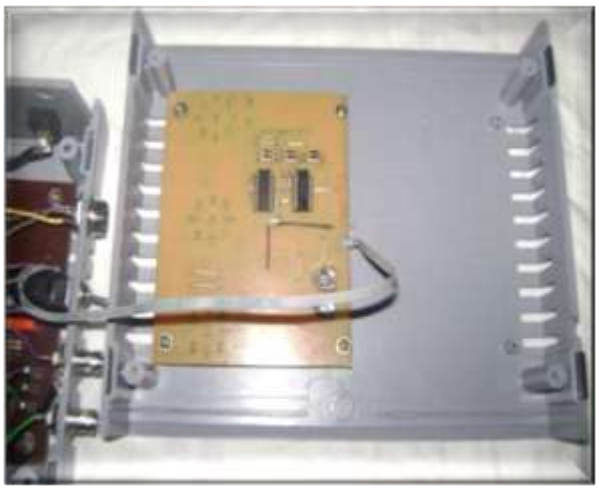


Figura 139 – Vista interna do mostrador

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

Figura 140 – Vista lateral externa do protótipo

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

Figura 141 – Vista superior externa do protótipo

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

A Figura 139 mostra a fonte de alimentação, sendo esta região constituída por uma chave liga/desliga «à direita». Possui ainda um porta-fusível pequeno de 100 mA e uma outra chave «vermelha» para a seleção da tensão de entrada (110 V – 220 V) *AC*.

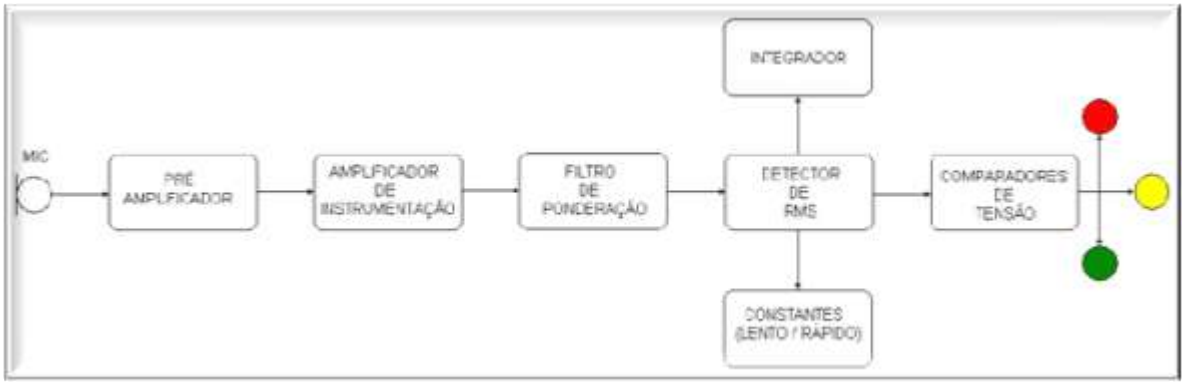


Figura 142 – Diagrama de blocos do indicador de faixa de nível de pressão sonora

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

Inicialmente, tentou-se determinar a sensibilidade do microfone, seguindo a metodologia de *Costa*(103), com a fonte sonora gerando ruído rosa a 1,5 m do microfone mas não foi possível determinar o valor da tensão nos terminais devido à sua grande variação.

Posteriormente, tentou-se com a fonte gerando 1000 Hz e a tensão nos terminais co microfone continuava variável.

Isto caracterizou a alta sensibilidade do microfone que, apesar de não determinada, favoreceu positivamente o tipo de microfone utilizado no projeto.

Para que o microfone funcione corretamente, é necessário polarizá-lo e isso conseguiu-se através da tensão de 15 V "*Volt*" ligada em série com uma resistência de 10 kΩ "*kilo Ohm*".

A Figura 143 mostra a configuração utilizada neste procedimento.

Figura 143 – Configuração utilizada na determinação da sensibilidade e calibração do microfone

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

A Figura 144 ilustra o circuito completo do medidor de nível de pressão sonora.

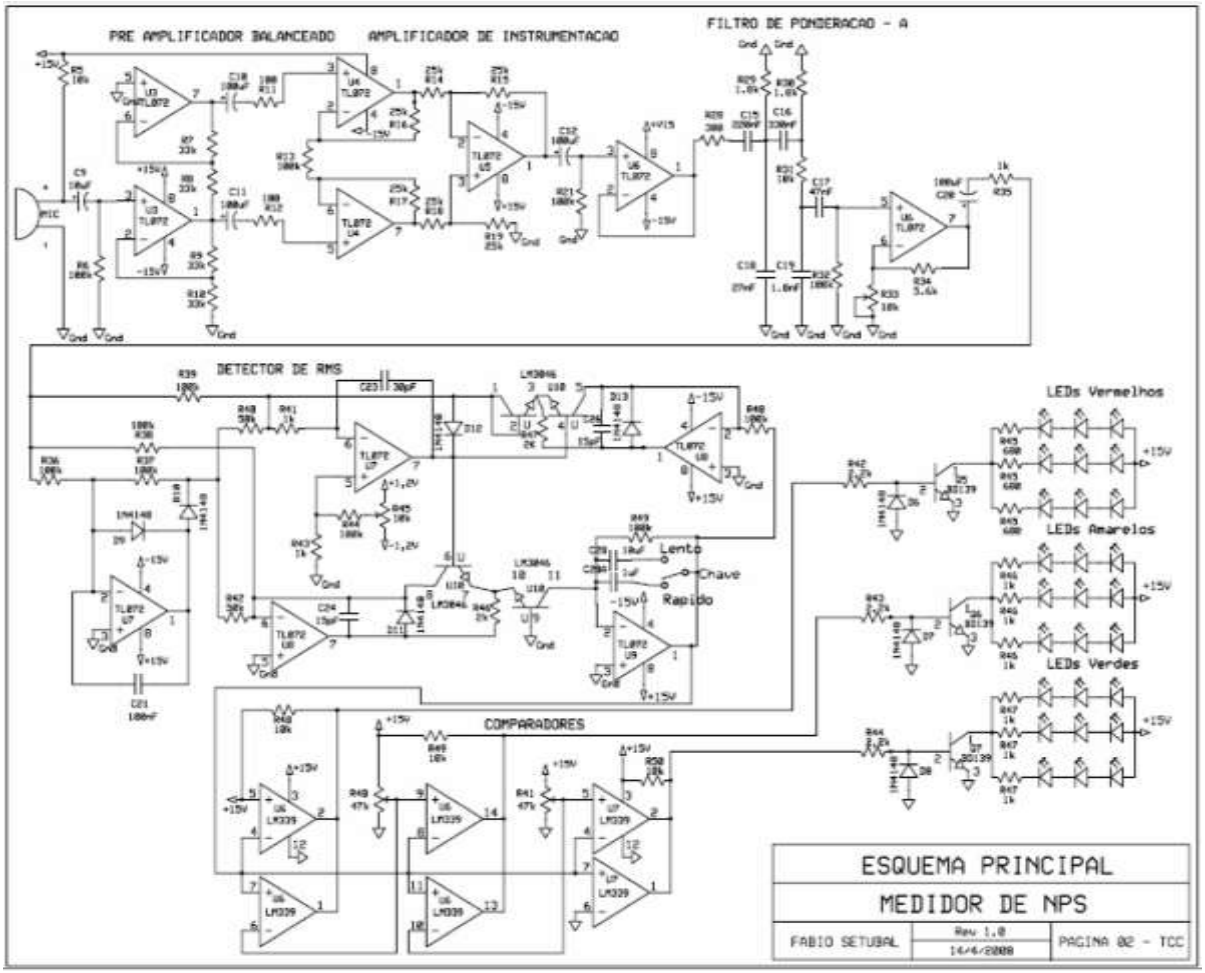


Figura 144 – Circuito completo do medidor de nível de pressão sonora

(Fonte: Fábio Setúbal, 2008)

Para efetuar a calibração, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- ✓ Osciloscópio;
- ✓ Multímetro Digital;
- ✓ Fonte Sonora;
- ✓ Analisador de Áudio *Brüel & Kjær – PULSE*.

Procedimento de Calibração:

Gerou-se ruído rosa no ambiente e posicionou-se o microfone do protótipo próximo do microfone do analisador de ruído, Figura 143. Ao medir-se 45 dB(A) no analisador de ruído *Pulse*, ajustou-se no circuito comparador a tensão para que os *LEDs* amarelos começassem a acender e mediu-se a tensão de referência para este nível. Idêntica metodologia foi realizada para o nível 55 dB(A).

Os valores de 45 e 55 dB(A) foram escolhidos tendo em consideração a norma *NBR 10152:1987*. Este procedimento de ajuste pode ser feito para qualquer faixa de nível de pressão sonora normalizado, Quadro 17.

Quadro 17 – Valores máximos de níveis de ruído em determinados ambientes

Locais	dB(A)
Hospitais	
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, centros cirúrgicos	35-45
Laboratórios, Áreas para uso do Público	40-50
Serviços	45-55
Escolas	
Bibliotecas, salas de música, Salas de desenho	35-45
Salas de Aula, Laboratórios	40-50
Circulação	45-55
Hotéis	
Apartamentos	35-45
Restaurantes, Salas de estar	40-50
Portaria, Recepção, Circulação	45-55
Residências	
Dormitórios	35-45
Salas de estar	40-50
Auditórios	
Salas de concertos, Teatros	30-40
Salas de conferências, Cinemas, salas de uso múltiplos	35-45
Restaurantes	40-50
Escritórios	
Salas de reunião	30-40
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45
Salas de computadores	45-65

Notas:

a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa que o nível sonoro é aceitável para a finalidade;

b) Níveis superiores aos estabelecidos são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano para a saúde.

(Fonte: Norma *NBR 10152:1987*)

Concluiu-se não haver necessidade de se utilizar medidores de custo elevado para a monitorização de ruídos em ambientes escolares pois, utilizando poucos componentes eletrónicos, é possível desenvolver um indicador de faixa de nível de ruído relativamente aceitável para a monitorização, com um baixo custo e que fornece uma resposta confiável e segura dos níveis de ruído, de forma visivelmente fácil de verificar, salvaguardando-se que o equipamento deve ser ajustado para os níveis normalizados de cada ambiente.

O fato da fonte de alimentação se encontrar embutida no circuito de condicionamento do sinal, aumenta o risco de interferências eletromagnéticas, tornando-se necessário realizar uma blindagem contra estas interferências ou utilizar uma fonte de alimentação externa.

A utilização deste protótipo em locais como uma sala de aula ou nos corredores próximos, faz com que os alunos e outras pessoas que se encontrem nesses ambientes adquiram a consciência de não gerarem barulhos que possam vir a perturbar as aulas, evitando-se o baixo rendimento escolar ou até um esgotamento físico do aluno que deseja manter-se concentrado durante as aulas, além do esforço extra nas cordas vocais do professor.

Verificou-se ser possível utilizar toda a base teórica de amplificadores operacionais para o projeto de um simples indicador de faixa de nível de ruído permanente utilizado no combate à poluição sonora.

Utilizando uma etapa de conversão analógica para digital, é possível transformar este indicador de faixa de nível de ruído num medidor de nível de pressão sonora.

Em geral, o microfone é um dos componentes de custo mais elevado num medidor de nível e pressão sonora porém, o microfone utilizado no protótipo é de baixo custo e, mesmo assim, possui uma excelente resposta em frequência para a finalidade do trabalho.

Finalmente, percebeu-se ser viável a construção de indicadores como este em grande escala, para distribuição em vários pontos de uma escola, despertando a consciência e a atenção, sensibilizando as pessoas contra a exposição a níveis excessivos de ruído.

Tópicos de recomendação para trabalhos futuros:

- Transformar o circuito do indicador de faixa de nível de pressão sonora num medidor de nível de pressão sonora, apenas acrescentando uma etapa de conversão analógica para digital.
- Construir vários pontos de monitorização de ruído distribuídos geograficamente e interliga-los via *internet* a uma central de monitorização, o que possibilitará a criação de um mapa acústico de uma determinada zona em tempo real, a fim de se observar quais as áreas mais ruidosas, para que se possa haver alguma iniciativa de controlo de ruído nessas zonas.
- Expandir o sistema de monitorização permanente de ruído para o centro de uma localidade que, por exemplo, tenha sido considerada como bastante ruidosa.
- Projetar mais estágios de amplificação do sinal do microfone, depois do filtro e depois da saída do detetor de *RMS*, para que os valores das tensões de referência, no circuito comparador, aumentem e, com isso, aumentar a facilidade de ajustes dessas tensões.
- Utilizar a saída do indicador, não somente para acender os *LEDs*, mas também para acionar um aviso sonoro, ou luminoso, ou ambos, dependendo do que se considerar plausível para determinada situação, sempre que o nível de ruído no ambiente exceder um determinado valor estabelecidos em normas, apenas ajustando internamente as tensões de referência no circuito.

2.1.5 Avaliação da propagação do ruído industrial na poluição sonora

Este estudo(98) teve como objetivo avaliar a poluição do ruído industrial no meio ambiente, de forma a identificar as principais fontes ou atividades causadoras do ruído através do mapeamento computacional da sua propagação, propondo medidas de contenção para o seu controlo quando necessário.

Foram avaliadas as áreas externas de três fábricas localizadas em zonas industriais, tendo os resultados indicado que a colocação de barreiras virtuais na envolvente dos equipamentos formando um enclausuramento compacto não foram suficientes para atenuar eficazmente os níveis de pressão sonora máximos admissíveis em ambientes externos.

A colocação parcial de barreiras, localizadas junto às paredes externas das fábricas nos locais com maiores níveis de emissão, revelou-se mais eficaz na atenuação do ruído externo nos turnos diurno e noturno, uma vez que se os níveis de pressão sonora máximos se mantiveram dentro dos limites legais, resultando que o ruído gerado nas fábricas como passivo ambiental a ser controlado e mantido dentro de parâmetros máximos de emissão, estabelecidos por legislação, obriga à adoção de medidas adequadas de análise e controlo.

Observou-se que as principais fontes de ruído existentes num ambiente fabril estão associadas a máquinas que possuem dispositivos ou componentes com movimento rotativo e/ou de impacto, pelo que um plano de ação focado no controlo do ruído externo, fundamentado em dados confiáveis que podem ser obtidos diretamente através de medições em campo ou indiretamente com a ajuda de ferramentas matemáticas e computacionais, assume um papel de grande importância.

A utilização de meios computacionais mostrou-se adequada quando se deseja conhecer a extensão do impacto ambiental numa determinada região originado pelo ruído produzido numa fábrica, bem como quando se pretende a obtenção de valores de ruído a uma certa distância da fonte de emissão, sem a presença de outras fontes externas capazes de “mascarar” os níveis de pressão sonora oriundos da fonte que se necessita de controlar.

Não tendo sido possível fechar vias de tráfego ou fábricas próximas, para cancelamento do ruído de fundo externo aquando das medições de campo, os dados adquiridos nos limites envolventes das fábricas apresentaram a contribuição de fontes vizinhas que não foi possível de encerrar, verificando-se que quanto mais distante estiver o perímetro de medições das fontes sonoras, maior será a probabilidade de influência de fontes externas.

A metodologia computacional utilizada assentou na quantificação da contribuição das fontes vizinhas, permitindo assim descontar a contribuição dos seus níveis de pressão sonora, obtendo-se exclusivamente valores de ruído produzidos por cada fábrica em avaliação.

O procedimento experimental adotado exigiu que os locais de medição fossem compreendidos por dois anéis de pontos recetores, com o primeiro anel arbitrado no perímetro circundante às paredes externas da fábrica, a uma distância de 1 m e a uma altura de 1,20 m do solo, com o segundo anel de medições localizado no perímetro circundante aos limites envolventes de cada fábrica em estudo, tendo a quantidade de pontos de medição variado de acordo com as dimensões dos perímetros de cada fábrica e mantendo-se apenas a distância entre medições de 10 m, no máximo.

Por recurso à utilização do programa *SoundPLAN Essential*, alimentado com os níveis de pressão sonora recolhidos em campo, obteve-se o campo de propagação computacional do ruído gerado nas três fábricas, livres de influência de fontes externas vizinhas, tendo a comparação entre os resultados das medições experimentais nos limites da envolvente das fábricas e os resultados obtidos pela simulação computacional permitido a deteção de um erro, associado à contribuição das fontes externas, constatando-se assim essencial o desenvolvimento de uma metodologia computacional para avaliação da propagação do som.

Dada a multiplicidade de fontes sonoras, optou-se pela aproximação em equivalência a uma fonte macro de emissão discretizada por fontes pontuais adjacentes às paredes externas, ao longo do perímetro da edificação, tendo-se assumido que o número de fontes pontuais na simulação seria igual ao número de pontos recetores, localizados no primeiro anel, com cada ponto recetor associado a uma fonte pontual de emissão localizada à mesma cota de altura, na posição frontal ao recetor e a 1 m de distância do mesmo.

Em virtude do desconhecimento dos níveis de pressão sonora das fontes arbitrou-se inicialmente um determinado valor para cada fonte, calibrado pelos níveis de pressão sonora dos recetores mais próximos, em que, numa primeira aproximação para cada fonte pontual, se pode atribuir o mesmo valor do nível de pressão sonora do respetivo recetor frontal.

Esta calibração foi revista sucessivamente com a participação de fontes adjacentes, até que os valores da simulação nos recetores do primeiro anel se aproximassem o suficiente dos valores experimentais, numa margem de tolerância até 1,0 dB(A) ou dB(C), contribuindo as medições no segundo anel para obter a influência das fontes externas nos níveis de pressão sonora, pela diferença entre o valor experimental ou erro e o resultado computacional.

O Plano Diretor do município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul - Brasil, classifica a área onde estão localizadas as fábricas em análise como Zona Industrial, significando que os limites de emissão de ruído estão limitados a 70 dB(A) ou dB(C) para o turno diurno e em 60 dB(A) ou dB(C), para o turno noturno.

No caso da Fábrica 1 (fabricação de peças e acessórios para veículos automotores), os resultados indicaram que a colocação de barreiras individuais não foi suficiente para contenção do ruído propagado para o meio externo, devido à grande quantidade de fontes emissoras existentes que obrigaria à instalação de um número considerável de canópias, assumindo-se assim, como principal objetivo para o controlo do ruído para o meio externo, a medida de contenção localizada junto às paredes externas como mais eficaz na atenuação do ruído contínuo e de impacto noturno, protegendo a vizinhança.

A análise gráfica favorece a identificação visual do campo de propagação do ruído e seu impacto na envolvente das fontes avaliadas.

A Figura 145 apresenta duas linhas de contorno que delimitam a área de influência analisada da Fábrica 1, a interior denominada de cálculo e a exterior denominada de mitigação, ambas necessárias por exigência do programa "*SoundPLAN Essential"*.

Os valores dos níveis de pressão sonora foram coletados em 188 pontos recetores, distribuídos em dois anéis de medição.

Conforme mostra a Figura 145, o primeiro anel de recetores possui 86 pontos e o segundo anel 102 pontos.

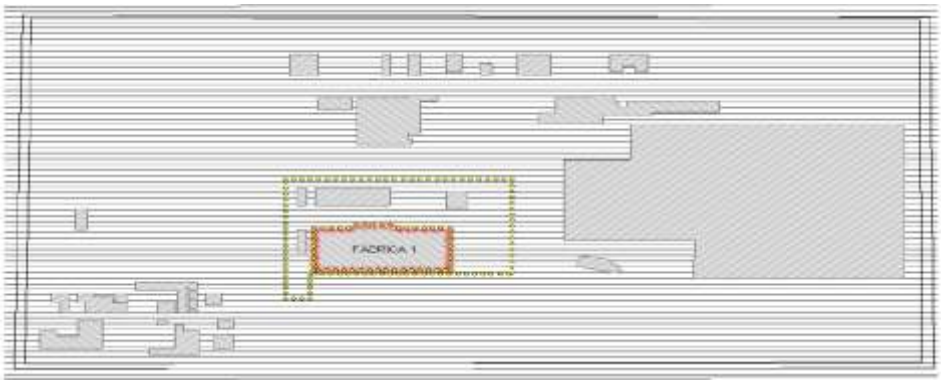


Figura 145 – Área de influência avaliada da Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Na Figura 146 observa-se que os níveis de pressão sonora de ruído contínuo medidos no turno diurno não excederam o limite de 70 dB(A) no anel externo da Fábrica 1.

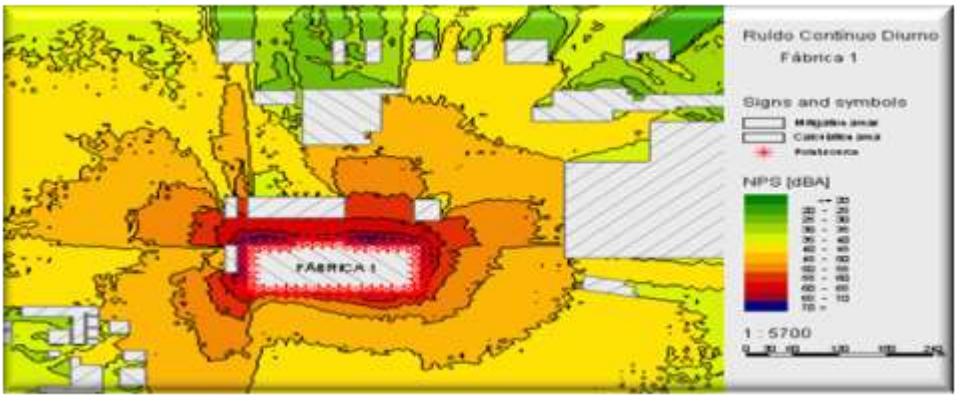


Figura 146 – Propagação do ruído contínuo diurno da Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Destaca-se na Figura 147, em cor azul, que o campo de propagação com níveis de emissão acima de 60 dB(A) é mais intenso nas regiões onde estão instalados os setores de prensagem, corte e soldadura.

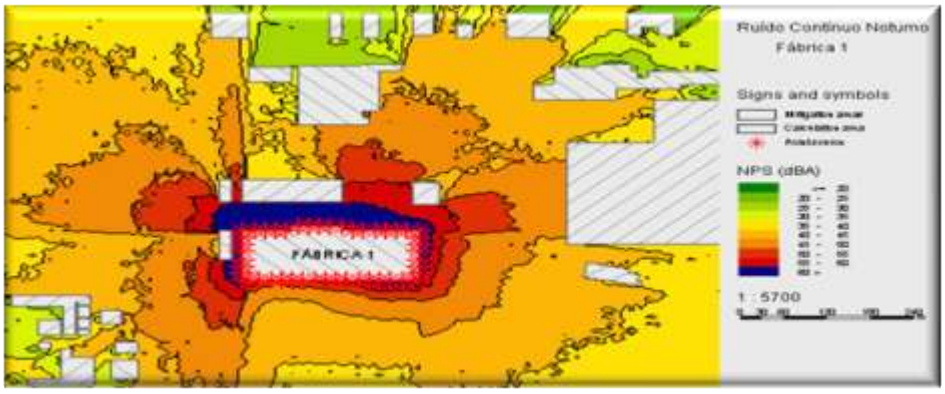


Figura 147 – Propagação do ruído contínuo noturno da Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Observa-se na Figura 148 que os níveis do ruído de impacto gerado no turno diurno, mantiveram-se dentro dos limites de emissão de 70 dB(C).

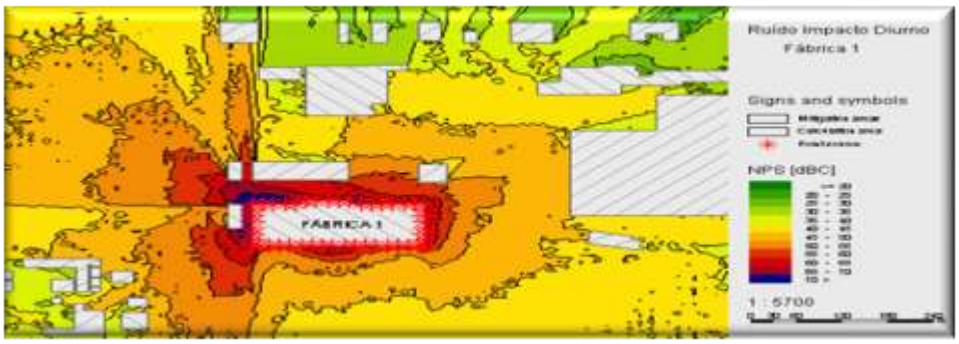


Figura 148 – Propagação do ruído de impacto diurno da Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Destaca-se na Figura 149, em cor azul, que o campo de propagação com níveis de emissão acima de 60 dB(C) é mais intenso novamente nas regiões onde estão instalados os setores de prensagem, corte e soldadura.

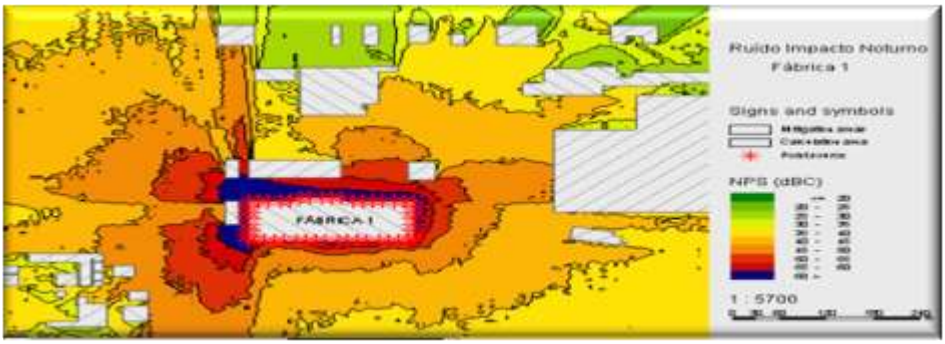


Figura 149 – Propagação do ruído de impacto noturno da Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Os resultados da simulação computacional permitiram estabelecer um critério de prioridade de ações, onde as regiões com maiores níveis de pressão sonora deveriam ser alvo de maior atenção e medidas de controlo. Pelo registo de emissão de ruído excedente ao limite de 60 dB(A) para o ruído contínuo noturno e 60 dB(C) para o ruído de impacto noturno, optou-se por definir o nível de pressão sonora das fontes internas constituídas pelos equipamentos existentes, com vista a uma adoção de medidas de controlo individuais ou por setor. Para caracterização de cada equipamento como fonte emissora de ruído, realizaram-se medições experimentais nos quatro lados do equipamento em operação, os quais entrando no programa "*SoundPLAN Essential"* como fontes pontuais, Figura 150.

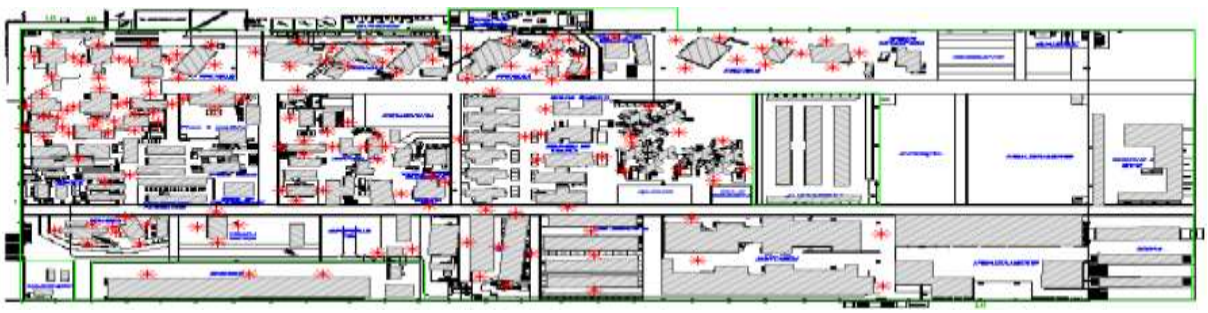


Figura 150 – Distribuição de fontes internas da Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Como medidas para o controlo do ruído, adotaram-se duas ações distintas. A primeira considerou a possibilidade de construção de barreiras junto às paredes externas da fábrica. A segunda utilizou barreiras individuais por equipamento como forma de contenção do ruído. Na Figura 151, os níveis de pressão sonora do ruído contínuo noturno após a colocação de barreiras virtuais individuais nos equipamentos de interesse, com atenuação até 10 dB(A).

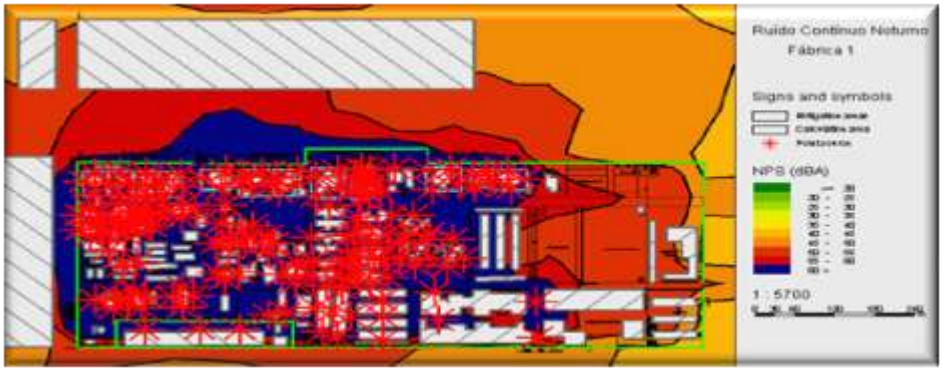


Figura 151 – Controlo do ruído contínuo noturno com barreiras individuais na Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Na Figura 152 mostram-se os níveis de pressão sonora do ruído contínuo noturno após colocação parcial de barreiras externas à Fábrica 1, com valor de atenuação até 10 dB(A).

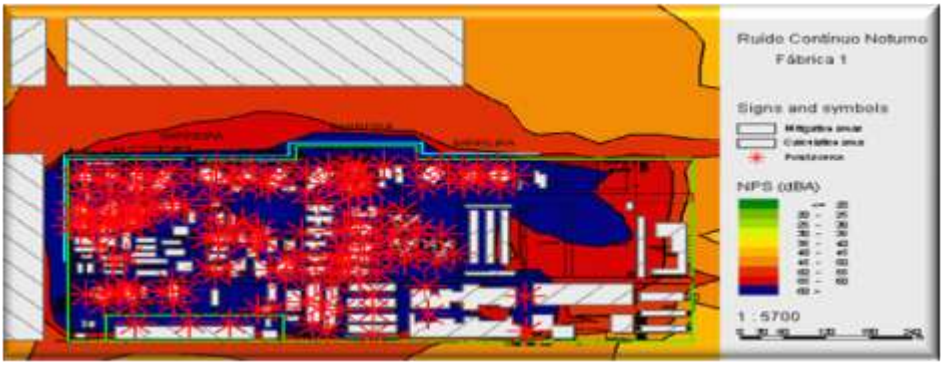


Figura 152 – Controlo do ruído contínuo noturno com barreiras externas na Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Na Figura 153 mostram-se os níveis de pressão sonora do ruído de impacto noturno após colocação de barreiras virtuais nos equipamentos de interesse, atenuações até 10 dB(A).

Figura 153 – Controlo do ruído de impacto noturno com barreiras individuais na Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Na Figura 154, os níveis de pressão sonora do ruído de impacto noturno resultante da colocação parcial de barreiras externas à Fábrica 1, com valor de atenuação até 10 dB(A).

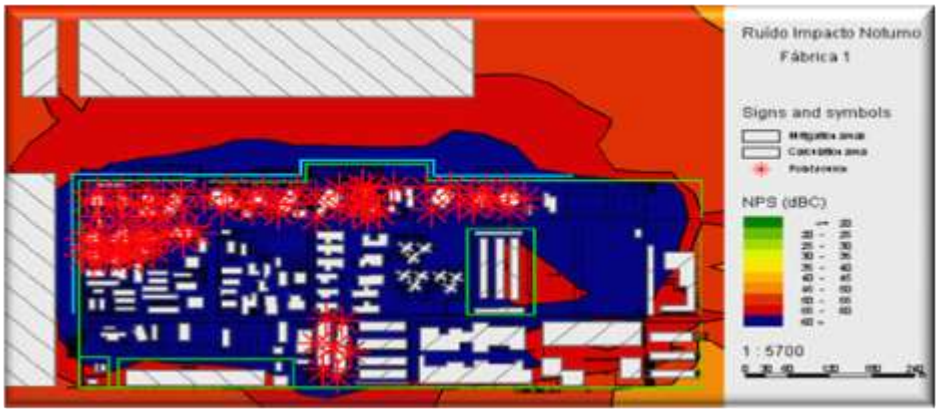


Figura 154 – Controlo do ruído de impacto noturno com barreiras externas na Fábrica 1

(Fonte: Edivaldo Cordeiro, 2009)

Os resultados indicaram que a colocação de barreiras individuais não foi suficiente para contenção do ruído que se propaga para o meio externo, devido à grande quantidade de fontes emissoras existentes na Fábrica 1. Por este motivo, o número de enclausuramentos precisaria de englobar um número maior de máquinas.

A medida de contenção localizada junto às paredes externas revelou-se eficaz na atenuação do ruído contínuo e de impacto noturno, visto que os limites de emissão de 60 dB, em cor azul, não atingiram a vizinhança.

No caso da Fábrica 2 (fabricação de peças e acessórios para veículos automotores), a forma construtiva da edificação, contribuiu significativamente para uma condição de emissão excedente aos limites máximos permitidos, pela sua forma de construção exclusivamente com paredes compostas de chapas metálicas com espessura de 1,0 mm.

O controlo do ruído externo encontra nas paredes da edificação uma barreira importante que auxilia na contenção dos níveis de pressão sonora produzidos no ambiente fabril, motivo pelo qual a medida sugerida para aumento da contenção do ruído para o meio externo focalizou-se na construção de barreiras com capacidade de atenuação do ruído de pelo menos 20 dB a circundar as paredes da edificação. Assim se comprovou o êxito através de simulação computacional com o programa *SoundPLAN essential*".

No caso da Fábrica 3 (fabricação de artefactos diversos de plástico) os níveis de emissão sonora verificaram-se abaixo dos limites máximos permitidos, função das características do trabalho executado nas linhas de produção, utilizando maioritariamente máquinas injetoras de plástico que apresenta baixos níveis de emissão sonora, e ainda devido ao tipo de edificação que favorece a contenção do ruído gerado no ambiente fabril, por ser construída com paredes em alvenaria e apresentar setores compartimentados com o mesmo material.

Os resultados da simulação computacional permitiram estabelecer um critério de prioridade de ações, onde as regiões com maiores níveis de pressão sonora devem receber maior atenção e medidas para o seu controlo. No caso da Fábrica 3, não se identificaram regiões com níveis de pressão sonora que excedessem os limites de emissão, tanto para os turnos diurno e noturno, como para o ruído contínuo e de impacto.

2.1.6 Gestão do ruído industrial por meio da criação de um índice comparativo de ruído ocupacional

Este estudo(99) teve como objetivo a criação e teste de um indicador de ruído que, conforme a definição de indicadores, fosse: significativo para a avaliação do sistema; válido, objetivo e consistente; coerente e sensível às modificações; possuindo clareza sobre o que for avaliado, de que forma, por quanto tempo e porque ocorre a avaliação.

Utilizando a dosimetria de ruído e consequentemente o L_{eq}, nível equivalente de ruído, foi possível estabelecer uma escala de valores que reflete o desempenho da empresa no que toca ao controlo e proteção dos trabalhadores face ao agente ruído. Uma vez determinado o desempenho inicial pode-se programar o desempenho desejado com base nas legislações vigentes e nas boas práticas da prevenção.

Observou-se que o indicador de ruído além de ser uma ferramenta simples, de fácil entendimento e aplicação, tem também a possibilidade de integração com possíveis outros indicadores de agentes existentes nos ambientes de trabalho, contando inclusive com hipóteses de solução que correlacionam custo e benefício entre as soluções indicadas.

No ambiente de trabalho, existem diversos agentes agressores a saúde do trabalhador, e dentre estes um que causa preocupação é o ruído, devido ao fato de estar presença na maioria dos ambientes de trabalho, e de possuir entre os seus efeitos adversos, perdas irreversíveis.

As empresas, ao tentarem atenuar este agente físico, deparam-se com situações de difícil solução, tendo que decidir a ação tomar para proteger os seus trabalhadores, acabam por optar pelo senso comum ou utilizam formas que, ao levarem em conta o benefício, não conseguem associar-lhe um custo compatível.

Assim, propõe-se um indicador de ruído que comprove a qualidade dos programas adotados pelas empresas, no que toca ao agente físico ruído e aos seus efeitos sobre o trabalhador.

Este indicador servirá também como forma de gestão, uma vez que a sua estrutura permita uma visualização facilitada e ampla, sem perder a objetividade e que possua, como diferencial, atribuir custos oriundos de soluções que a serem filtradas de acordo com a sua relação custo / benefício.

Para tal, pretendeu-se organizar de forma coerente, numa escala crescente e visual, os limites estabelecidos por legislações vigentes no Brasil, provenientes do Ministério do Trabalho e Emprego, de maneira que permita uma visualização global e acertada onde a empresa se encontra quanto à atenção sobre tais limites e, consequentemente, o quanto precisa de melhorar para a monitorização destes, sem de qualquer forma excluir as boas práticas de segurança e prevenção.

De acordo com o indicador proposto, correlaciona-se o custo das soluções já adotadas e o seu benefício, bem como o custo de outras medidas alternativas, levando também em consideração o custo e o benefício destas.

Por fim, pretendeu-se refutar ou aceitar o modelo do indicador com base nos levantamentos realizados numa empresa, procurando verificar a sua adequação com os princípios básicos para a construção de indicadores.

Para construir uma escala de ruído coerente com a situação atual no Brasil, é necessário ter em conta os limites ditados pelas Normas Regulamentadoras 9 e 15 do Ministério do Trabalho, sem deixar de considerar boas práticas de prevenção e o limite inferior que, ao contrário do que rege o senso comum, não condiz com o silêncio absoluto.

O primeiro valor a ser atribuído é o correspondente ao Limite de Exposição - Valor Teto (LE-VT), limite este que não pode ser ultrapassado em nenhum momento durante a jornada de trabalho, coincidente com 115 dB(A), sendo esta a pior situação do indicador.

Por conseguinte será adotado o valor de 85 dB(A), reconhecido pela norma citada como limite de exposição para uma jornada de trabalho de 8 horas, condição esta que se não atendida concede o direito ao trabalhador a um adicional de insalubridade.

O limite estabelecido, seguindo a ordem decrescente, é o de 80 dB(A), limite este que de acordo com o fator de troca indicado pela *NR-15*[47] (Atividades e Operações Insalubres) constitui o nível de ação mencionado na *NR-09*[48] (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), representando o nível onde o ruído deve possuir atenção especial por parte dos gestores, onde, conforme previsto pela *NR-09*, se devem iniciar as ações preventivas, minimizando assim a probabilidade de ultrapassagem dos limites definidos pela *NR-15*.

O próximo limite a ser considerado é o de 75 dB(A) que será considerado pelo presente trabalho, como boas práticas de segurança e prevenção; e, por último, o limite inferior da escala do indicador é representado pelo valor de 20 dB, que corresponde ao limiar da audição humana, o qual, de acordo com estudos, deve ser mantido inclusive por prevenção, pois abaixo deste limite os trabalhadores também podem apresentar doenças psicológicas referentes à ausência de ruído. A escala apresenta-se graficamente conforme a Figura 155.

Figura 155 – Escala de referência baseada na *NR-15*

(Fonte: Diogo Lopes, 2010)

Pode-se observar que os intervalos foram também divididos, em:

- ✓ Excelente - intervalo que compreende a faixa de 20 dB(A) até 75 dB(A) (0 a 0,65), este intervalo não requer medidas para correção, apenas para a sua continuidade;
- ✓ Bom - intervalo que compreende a faixa de 75 dB(A) até 80 dB(A) (0,65 a 0,69), este intervalo requer somente medidas de boas práticas prevencionistas e de segurança, não sendo necessárias medidas de atendimento legal;
- ✓ Aceitável - intervalo que compreende a faixa de 80 dB(A) até 85 dB(A) (0,69 a 0,74), este intervalo requer tomadas de ações e medidas de controlo dos níveis de ruído e monitorização constante, sendo necessário o atendimento legal da *NR-9* (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais);

[47] Norma Regulamentadora *NR-15* (Atividades e Operações Insalubres), Publicação. DOU. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, Brasil.
[48] Norma Regulamentadora *NR-09* (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), Publicação. DOU. Portaria MTb n.º 3214, de 08 de junho de 1978, Brasil.

- ✓ Ruim-Inaceitável – nível que compreende a faixa de 85 dB(A) até 115 dB(A) (0,74 a 1), este intervalo é considerado crítico e requer tomadas de ações imediatas e monitorização constante referente à eficácia das medidas tomadas.

Para uma melhor interpretação dos índices, temos que para 115 dB(A) o indicador é 1,0, para 85 dB(A) temos 85 / 115 = 0,74, e assim sucessivamente. A partir da escala definida pela legislação brasileira, foi necessária a adequação desta em uma nova escala representativa (indicador) com limites inferior e superior, compreendidos pelos números 0 e 1, respetivamente, para que se permita posteriormente a normalização de diferentes pontos ou setores num único índice. Para tal, o valor superior da escala original, 115 dB(A), foi considerado como 1, e os valores subsequentes adequados à escala proporcionalmente, gerando assim a escala presente na Figura 156.

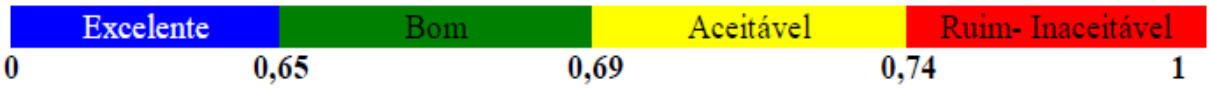


Figura 156 – Escala do indicador proposto

(Fonte: Diogo Lopes, 2010)

Atribuíram-se nomes às subdivisões do indicador para que seja possível uma qualificação dentro da escala do indicador e um panorama visual facilitado. Depois de aplicado, o indicador pode conter um índice que não corresponde aos objetivos da empresa, precisando assim de uma modificação que, por sua vez, será realizada através de ações. Para que estas ações sejam acertadas, tendo o efeito desejado e possuam ainda o menor custo possível, é necessário um estudo comparativo entre o custo das soluções (ações) e seu benefício face ao indicador proposto.

Para analisar custo e benefício, utilizou-se o diagrama de *Pareto*[49] onde, de entre todas as soluções indispensáveis, serão separadas as dominantes, ou seja, as soluções que melhor atenderão aos objetivos com o menor custo para esta tarefa. Ao verificar-se uma solução que possua uma determinada atenuação face ao agente físico ruído, será possível atribuir-lhe um delta, estabelecido entre a diferença do indicador antes da realização da ação e de como ficará o seu índice posteriormente.

Este delta servirá como referência de benefício da ação. Obviamente, como toda a ação gera um custo, este também será associado na análise. Depois de obtidos os deltas e seus respetivos custos, devem ser colocados num gráfico de correlação custo-benefício, gerando assim uma resposta visual do menor custo associado ao maior benefício (delta), configurando, de entre as situações, as dominantes face às dominadas.

O indicador criado foi testado numa empresa de galvanoplastia. Para realizar o levantamento foi necessário dividir a empresa em setores, uma vez que os diferentes setores da empresa poderiam possuir diferentes níveis de ruído.

O indicador foi aplicado separadamente para cada setor, configurando assim indicadores secundários e, posteriormente, foi realizada a normalização destes num único índice representativo da empresa, constituindo-se assim o indicador primário.

[49] Gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, procurando levar a cabo o princípio de *Pareto* (80% das consequências advêm de 20% das causas).

Devido aos níveis de ruído possuírem uma oscilação considerável nos locais de trabalho e de existirem turnos de trabalho com diferentes horas, os níveis mencionados como limites devem ser obtidos a partir da dose de ruído a que o trabalhador é exposto e posteriormente ser calculado o nível equivalente de ruído, sendo que os limites do indicador são baseados nestes níveis. A empresa de galvanoplastia analisada é dividida nos seguintes setores:

- ✓ Expedição / Embalagem – local onde são realizadas a recolha e a entrega de materiais, a embalagem e o recebimento de produtos para cromagem;
- ✓ Polimento – local onde é realizada a lixagem dos metais antes dos banhos e o polimento dos produtos após os banhos;
- ✓ Colagem – local onde é realizada a colagem do pó de óxido de alumínio, sobre o rebolo, visando aumentar sua abrasividade;
- ✓ Pintura – local onde é realizada a lixagem dos metais antes dos banhos e o polimento do produto após os banhos;
- ✓ Banho de Zinco – local onde é realizado o processo de zincagem de peças;
- ✓ Banho de Cromagem – local onde é realizado o processo de cromagem das peças;
- ✓ Oficina – local onde são realizados pequenos reparos em peças de clientes, quando necessário, visando manter a qualidade do produto final.

Para o levantamento em campo, foi utilizado um Dosímetro marca *Instrutherm* modelo "*DOS 500"*, durante 7 dias de medição, sendo um por cada setor identificado na empresa, durante a jornada integral de trabalho, por um período de 8 horas. Os resultados das doses de ruído encontradas para cada setor foram transformados em nível equivalente e aplicados ao indicador inicialmente por setor (sub-indicadores) para que fosse possível a consequente normalização destes no indicador primário. Estes valores são apresentados através das setas indicativas seguidas logo abaixo pelo valor equivalente do sub-indicador por setor, conforme Figura 157.

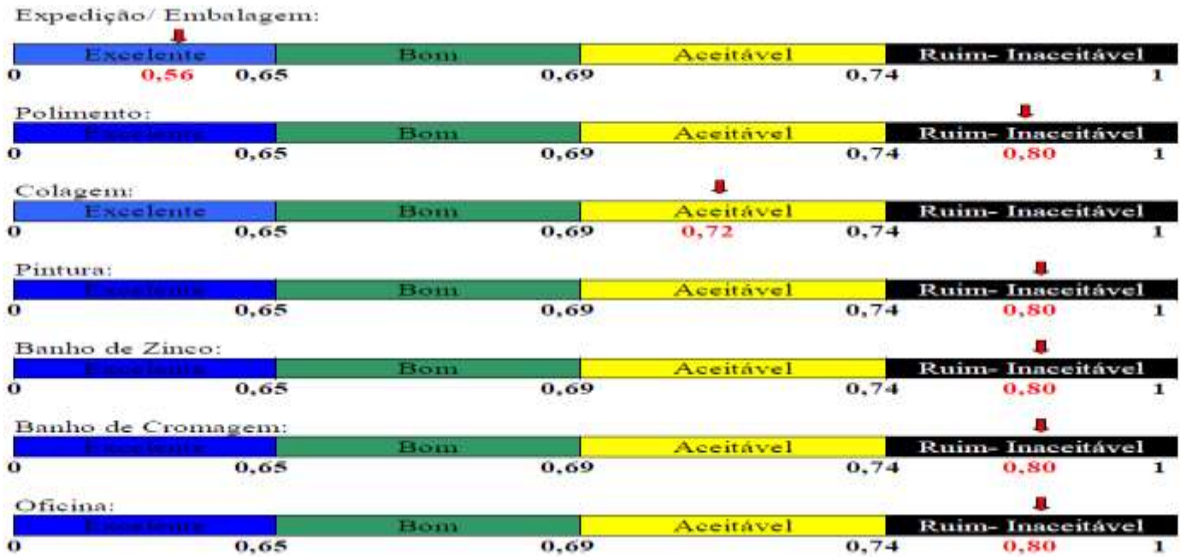


Figura 157 – Sub-indicadores por setor

(Fonte: Diogo Lopes, 2010)

Assim, com os sub-indicadores por setor normalizado, criou-se o Indicador Primário (*IP*), o qual teve um valor obtido através da média aritmética dos sub-indicadores segundo a Equação [19] e conforme Figura 158.

$$IP = \frac{(0{,}56 + 0{,}80 + 0{,}72 + 0{,}80 + 0{,}80 + 0{,}80 + 0{,}80\ )}{7} = 0{,}75 \qquad [19]$$

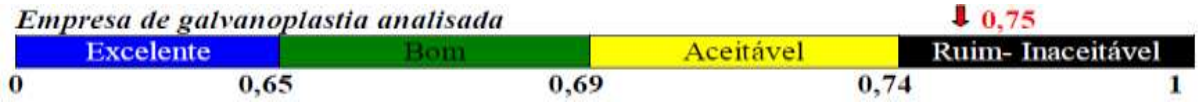


Figura 158 – Indicador primário

(Fonte: Diogo Lopes, 2010)

É importante salientar que as medidas devem ser tomadas visando os sub-indicadores pois, além de refletirem diretamente sobre o indicador primário, sendo ignorados correm o risco de continuar fora dos limites estabelecidos pela legislação brasileira.

Para que possuíssem um índice mínimo, mantendo uma qualidade considerada como "Bom" pelo indicador, seriam necessários os seguintes deltas, conforme o Quadro 18.

Quadro 18 - Delta necessário para ação nos sub-indicadores

SETOR	VALOR DO SUB-INDICADOR	DELTA NECESSÁRIO
Expedição/Embalagem	0,56	*
Polimento	0,80	0,11
Colagem	0,72	0,03
Pintura	0,80	0,11
Banho de Zinco	0,80	0,11
Banho de Cromagem	0,80	0,11
Oficina	0,80	0,11

** Este setor não necessita de providência, pois o sub-indicador já se encontra numa classificação definida como excelente.*

(Fonte: Diogo Lopes, 2010)

O indicador mostrou-se como uma forma de avaliação para ações a serem tomadas por gestores de programas voltados para o controlo do agente físico ruído.

O fator considerado como norteador da consideração do delta necessário, possibilitou a garantia de atenuação do índice geral do indicador, sem a necessidade de fórmulas matemáticas complicadas, o que facilita a execução no dia-a-dia atribulado das empresas.

Devido ao fato de estar compilado numa escala normalizada, o indicador possibilita a execução de trabalhos futuros na área da segurança do trabalho, que podem vir a dar uma visão mais abrangente da gestão. E, por consequência, possibilitar decisões mais acertadas, o que resultará numa redução geral dos custos de gestão nesta área.

2.1.7 Acústica Industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial

Este estudo(100) teve como objetivo identificar os principais componentes presentes numa amostra de três equipamentos industriais causadores de elevados níveis sonoros (superiores ou iguais ao máximo recomendado na legislação portuguesa (85 dB(A) – nível de ação superior), através da análise de espectros de ruído e vibração, incluindo análise e discussão sobre a relação entre o ruído a que os trabalhadores estão expostos e o tipo de protetor auricular a ser utilizado.

A realização prática deste trabalho decorreu na empresa SRAMPORT, fabricante mundial de correntes de rolos, detida pelo grupo Norte-Americano SRAM, fabricante de componentes para bicicletas, tendo-se recorrido ao uso de técnicas de medição de vibração, utilizadas em manutenção condicionada, e de medição de ruído com o objetivo de determinar os componentes presentes nos diferentes equipamentos estudados, responsáveis pelos níveis sonoros elevados.

Os sinais foram obtidos no domínio do tempo sendo posteriormente convertidos no domínio da frequência para uma melhor análise dos eventos. Para obter mais informação do espectro foram utilizados os filtros passa-banda da transformada rápida de Fourier (*FFT*).

A comparação dos espectros das respostas acústicas e mecânicas revelaram que, em termos gerais, a configuração dos mesmos se verificou muito semelhante, exibindo conteúdos em frequências idênticas.

Verificou-se que o método utilizado permitiu a identificação das baixas frequências, através dos espectros das frequências de vibração.

Embora, as principais causas de ruído se encontrem nesta faixa de frequências, estas não foram evidentes no seu espectro, devido à capacidade de resposta do sonómetro utilizado.

Concluiu-se que, no caso da Prensa Mecânica, o que mais contribuiu para o ruído e vibração foi o impacto da ferramenta de conformação e corte das peças, devendo ser alterado o modo de instalação para diminuir a vibração e algum do ruído emitido por esta.

No caso da Cadeia Cinemática, os trabalhadores encontraram-se expostos a níveis sonoros acima do valor superior de ação devido à sua envolvente, mas principalmente ao mecanismo de alimentação, pelo que os protetores auriculares utilizados são adequados, uma vez que o nível sonoro a que os trabalhadores estão expostos desce abaixo do valor de ação inferior.

A Cisalha Rotativa apresentou um nível sonoro contínuo equivalente bastante elevado devido ao processo de corte dos eixos.

Após verificação da atenuação proporcionada pelos protetores auditivos utilizados, concluiu-se que estes não são adequados, uma vez que os trabalhadores ficavam ainda expostos acima do valor limite superior de ação (85 dB(A)).

Todavia, com a utilização do protetor auricular *3M* modelo 1110, o valor desceu para 75,3 dB(A), cumprindo assim a legislação em vigor, podendo ser ainda tomadas outras medidas para a proteção da saúde dos trabalhadores, porém com maior impacto financeiro.

Figura 159 – Prensa mecânica *Minster P2H100* envolta numa cabine insonorizada

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Os elevados níveis de ruído produzidos por esta máquina, Figura 159, estão intimamente ligados à forma de funcionamento da própria máquina: trabalha por choque da parte móvel da ferramenta, habitualmente designada por punção, contra o material apoiado sobre a ferramenta fixa, habitualmente designada por matriz.

O impacto que ocorre numa pequena fração de tempo permite transferir a elevada energia cinética das partes móveis como energia de deformação das peças em processamento. No Quadro 19 apresentam-se as frequências de cada componente que constitui a Prensa Mecânica "*Minster P2H100"*.

Quadro 19 - Frequência de cada módulo da prensa mecânica

	Velocidade de Rotação (rpm)	Frequência (Hz)
Motor Principal	1500	25
Variador	200 a 500	3 a 8
Cambota	305	5
Bielas	305	5
Cabeçote	305	5
Módulo de Conformação	305	5
Bomba de lubrificação	1425	23
Tapete Magnético	1350	22
Bomba de Lubrificação Alimentador	460	7

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Figura 160 – Cisalha rotativa

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Este equipamento, Figura 160, destina-se a executar o corte por cisalhamento de eixos com diferentes comprimentos, a partir de um arame de aço. O princípio de funcionamento da cisalha envolve a transferência de energia cinética para a forma de energia de deformação.

A energia cinética é controlada pelo momento de inércia das peças rotativas do veio de corte da cisalha. No processo de corte, o principal foco de ruído é no prato, zona do corte de eixos no cabeçote, vendo-se no Quadro 20 as frequências dos motores da cisalha rotativa. Com uma rotação do prato de 820 rpm, obteve-se uma cadência de 3280 eixos/minuto.

Quadro 20 - Motores e frequências associadas da cisalha rotativa

Motor	Rotação (rpm)	Frequência (Hz)
Motor associado as fieiras	2700	45
Motor do Endireitador	1430	23
Motor de Corte	1430	23
Bomba de Refrigeração	2900	48

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Figura 161 – Máquina de montar correntes em contínuo *CHC* – Cadeia Cinemática

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Todo o processo de montagem da corrente em contínuo inicia-se com o enchimento das cubas, localizadas na parte posterior da *CHC*, Figura 161. As peças, a serem montadas, são transportadas para os alimentadores através de um sistema de ventiladores de alta pressão, peneiros vibrantes e descompressores. Todo este mecanismo é acionado por células, cilindros e atuadores pneumáticos controlados pelo autómato da *CHC*.

São utilizados cinco alimentadores para a alimentação da mesa de montagem: dois com placas exteriores, um com eixos, um com placas interiores e outro com rolos. Os módulos que constituem a *CHC* são movidos por um motor com uma rotação de 825 rpm, que se encontra localizado na parte posterior da *CHC*.

A transmissão entre os diversos módulos é feita por corrente dupla entre alguns dos módulos e por corrente simples entre os restantes. Todos os módulos indicados possuem embraiagens, com a função de desbloqueio ou de sincronização. No Quadro 21 estão as frequências de alguns dos componentes da *CHC*.

Quadro 21 - Frequência dos motores da *CHC*

Motor	Rotação (rpm)	Frequência (Hz)
Principal	825	14
Ventiladores	2900	48
Alimentadores	1500	25

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Para realização da aquisição de dados de ruído e vibração em ambiente industrial, foi projetada uma cadeia de medição, com frequência de aquisição adequada que devidamente calibrada permitiu adquirir os resultados com grande fiabilidade.

De maneira a controlar a aquisição dos eventos, a cadeia de medição captou registos no tempo com discretização suficiente (número de leituras elevado, por unidade de tempo), para representação correta do sinal em frequência. A cadeia de medição compreendeu: dois transdutores, um amplificador e uma placa de aquisição.

Os cabos de ligação entre transdutores, amplificador e a placa de aquisição foram escolhidos para que não houvesse perdas de sinal e que não introduzissem ruído. Funcionalmente, os transdutores registam uma energia mecânica relacionada com a evolução de um evento físico e transformam-na num sinal elétrico. Para registo das variações de aceleração e de pressão, recorreu-se a transdutores de movimento (acelerómetros) e de pressão (microfone integrado num sonómetro).

O sonómetro foi colocado a uma distância fixa de cada equipamento e o acelerómetro foi fixado magneticamente através de um íman no corpo metálico dos equipamentos. O sinal elétrico à saída dos transdutores, seria normalmente fraco e não atingiria um nível suficiente para aquisição e processamento por uma placa de aquisição de dados, havendo assim a necessidade de utilizar amplificadores que elevassem o sinal até aos níveis requeridos.

A placa de aquisição teve por missão a recolha do sinal elétrico dos dois transdutores, efetuando um processo de amostragem e conversão analógico-digital, representando o valor do sinal em instantes específicos. A cadeia de medição, Figura 162, permitiu a aquisição simultânea da pressão sonora e da aceleração em cada equipamento, por recurso a:

- ✓ Sonómetro *ROLINE*, modelo "*RO-1350A"*, número de série 060509333, cujas especificações correspondem ao tipo 2 da norma *IEC 61672-1:2002*[50];
- ✓ Acelerómetro e respetivo amplificador, da marca "*PCB Piezotronics"*;
- ✓ Placa de aquisição de dados "*NI USB-6009"*;
- ✓ *Software* para aquisição e tratamento de dados preparado especificamente sobre a plataforma "*LabView – National Instruments"*;
- ✓ *Software* para pós-processamento dos sinais, especialmente *"EXCEL"* e *"OriginLab".*

Figura 162 – Esquematização da cadeia de medição utilizada

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

[50] *IEC 61672-1:2002. Electroacoustics. Sound level meters: Specifications*.

2.1.7.1 Relação Equipamento, Vibração e Ruído

A análise dos resultados do ruído e da vibração no domínio da frequência, pode fornecer muitas informações acerca do equipamento em estudo. Uma dessas informações é a identificação dos componentes presentes nesse equipamento responsável pela produção de ruído e vibração. Aquando das medições em cada equipamento, foram recolhidas várias amostras em cada ponto de medição, das quais foi escolhida uma amostra representativa do ruído e vibração provocados por cada equipamento.

O sonómetro tem uma resposta linear para a gama de frequências entre 20 e 8000 Hz contudo, para frequências acima de 5220 Hz existem erros de amostragem. Assim considerou-se apenas a faixa de frequências entre 20 e 5220 HZ, assinalada nos espectros sonoros pelas linhas descontínuas a preto.

Pela observação da Figura 163, pode verificar-se que os espectros de ruído e vibração têm uma evolução em tudo semelhante, nomeadamente nas altas frequências. Apesar de na faixa de frequência correspondente ao impacto, a pressão sonora não acompanhar a subida abrupta da vibração é, mesmo assim, observada uma ligeira subida em relação as frequências acima e abaixo desta faixa, zona assinalada a vermelho.

Figura 163 – Espectro do ruído e da vibração no interior da prensa mecânica

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

A Figura 164 mostra a relação entre os níveis de vibração e ruído emitidos pela *CHC*. De um modo geral, o aumento da vibração é acompanhada por um aumento do ruído, contudo a partir de 500 Hz, o ruído tende a diminuir enquanto a vibração atinge os dois níveis máximos para as frequências centradas em 793,7 Hz e em 2519,8 Hz.

Isto é justificado, com a frequência natural da *CHC*, que se encontra nas altas frequências bem como ao facto da medição da vibração usar como parâmetro a aceleração, privilegiando as altas frequências.

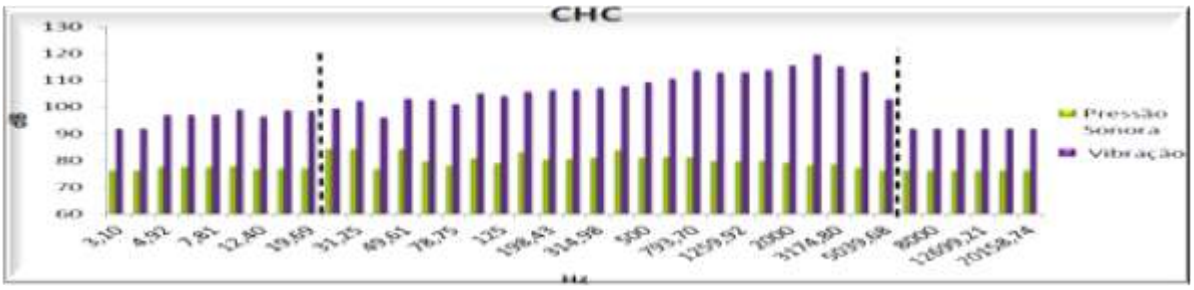


Figura 164 – Comparação do ruído e vibração da *CHC*

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Na Figura 165, vê-se a relação entre a vibração e ruído emitidos pela Cisalha Rotativa. As frequências correspondentes ao corte, às harmónicas e à ressonância da estrutura, são os responsáveis pela elevada amplitude, tanto de vibrações como de ruído.

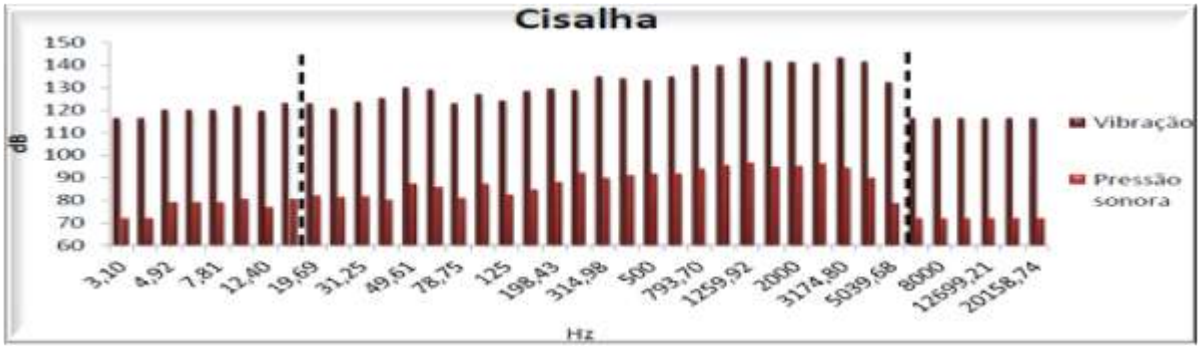


Figura 165 – Espectro de comparação ruído e vibração da cisalha rotativa

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

2.1.7.2 Relação Homem, Vibração e Ruído

Nos casos estudados, os trabalhadores dos três equipamentos selecionados estão expostos a níveis de ruído acima do nível de exposição recomendado, ou seja superior a 85 dB (A), como se pode verificar pelo Quadro 22, os valores obtidos para cada equipamento.

Quadro 22 - Resultados dos níveis sonoros nos diferentes equipamentos em estudo

Equipamento	L_{Aeq} *(dB(A))*
Prensa Mecânica Minster P2H100	Não determinado
Cisalha Rotativa	104,5
CHC (Chaine Cinematique)	89,2

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Uma análise mais detalhada do ruído e da vibração emitido por cada equipamento, pode fornecer mais informação acerca da exposição a que o trabalhador está sujeito, bem como uma escolha mais adequada das medidas de proteção a serem tomadas. Assim, recorreu-se a filtros de frequências em bandas de oitava para obter essa informação.

Para a Prensa Mecânica *Minster P2H100*, não foi possível efetuar as medições de ruído e vibração no seu exterior, devido à programação da produção, não estando esta a operar aquando da realização das medições, daí não ser apresentado valor relativo ao nível sonoro da prensa no Quadro 22.

No caso de ter sido possível a realização das medições na prensa, o sonómetro seria colocado de modo a reproduzir o nível sonoro que chega ao trabalhador e o acelerómetro seria colocado no piso, para obter a vibração que chega ao trabalhador.

O tratamento dos dados seria feito de modo semelhantes ao que foi feito para a *CHC* e para a Cisalha Rotativa. Dos equipamentos estudados, a prensa mecânica é o único equipamento para o qual foram tomadas medidas de redução de ruído e vibração. As medidas de proteção acústica foram aplicadas a dois níveis: Meio de propagação e Recetor.

Para reduzir a propagação do som foi utilizada uma cabine de insonorização, constituída por três camadas: chapa de aço perfurado, a qual é visível no interior da cabine, uma camada intermédia de 60 mm de fibra de vidro e novamente uma chapa de aço que reveste o exterior da cabine. Do histórico existente na empresa, a prensa mecânica *Minster P2H100*, embora esteja envolta pela cabine de insonorização, ainda é responsável por 87,1 dB(A), ou seja, superior ao nível de exposição máximo. Daí a necessidade de terem sido tomadas outras medidas proteção: protetores auriculares. Os utilizados pelos trabalhadores deste equipamento são o modelo "1271" da marca "*3M*", apresentados na Figura 166.

Figura 166 – Protetor auricular *3M* modelo 1271

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Para atenuar a vibração, aplicaram-se sapatas na prensa mecânica, Figura 167.

Figura 167 – Ilustração de um pé da prensa mecânica *Minster P2H100*

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Uma correta instalação é um passo importante para a satisfação a longo prazo. O tipo de montagem pode ter um efeito benéfico sobre a eficiência, a pressão de alinhamento, a estabilidade e também sobre os níveis de ruído e vibração. Normalmente a uma alta velocidade de prensagem estão associadas elevadas forças de inércia de deslizamento, a que poderia ser minorada com uma fundação de massa muito superior à da prensa, construída em betão armado, poderia resolver.

Para velocidades de prensagem de 350 pancadas por minuto, como o caso da prensa em estudo, o manual da prensa recomenda uma área de 4 m × 8 m, uma profundidade de 9 m de betão armado e um isolamento mínimo de 20,3 cm entre a fundação e a laje do piso. Este tipo de instalação tem melhores resultados se for combinado com isolantes, como o apresentado na Figura 167. Com a instalação de uma fundação de elevada inércia, os níveis de vibração e de ruído seriam reduzidos significativamente.

Relativamente ao espectro sonoro a *CHC*, Figura 168, apresenta níveis mais intensos de ruído nas altas frequências, nomeadamente entre 500 Hz e 4000 Hz. Dentro desta gama de frequências, encontra-se a zona onde o ouvido humano é mais sensível, ou seja, entre os 1000 Hz e os 4000 Hz. Sendo que para a frequência de 1000 Hz, o ouvido humano não tem atenuação natural e, como se pode ver pelo espectro, esta frequência corresponde ao valor de ruído mais elevado, cerca de 83,6 dB(A).

Para as frequências de 2000 Hz e 4000 Hz, nas quais se ouve mais, os níveis sonoros são elevados, cerca de 83,3 dB(A) e 80,2 dB(A), respetivamente. Sendo que o nível sonoro global da *CHC* é de 89,1 dB(A), logo acima do valor superior de ação definido pelo Decreto-Lei 182/2006, de 6 de setembro.

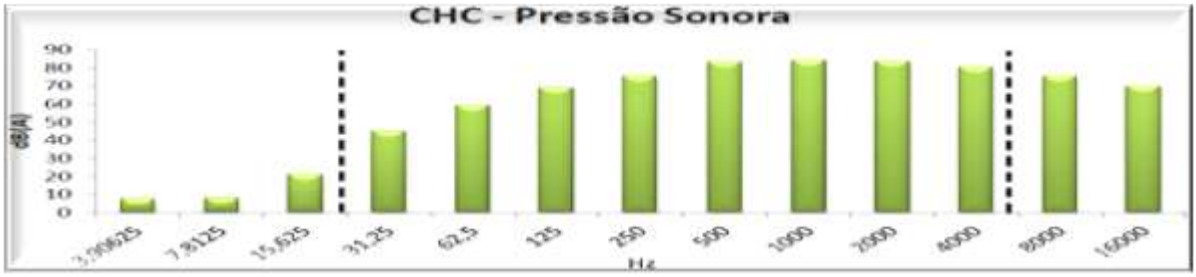


Figura 168 – Espectro sonoro em dB(A) da *CHC*

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Uma conclusão que se pode obter deste espectro, é o fato dos trabalhadores estarem expostos a níveis sonoros elevados e, como estes estão localizados nas frequências para as quais o homem ouve melhor, pode-se tornar bastante prejudicial. Motivo este pelo qual se reveste de necessária a implementação de medidas de proteção adequadas.

Segundo o Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, considera-se que um "*protetor auditivo proporciona a atenuação adequada quando um trabalhador com esse protetor bem colocado fica sujeito a um nível de exposição pessoal diária efetiva inferior ao valor limite e, se tecnicamente possível, abaixo dos valores de ação.*"

Os protetores auriculares selecionados pela empresa externa, responsável pela avaliação do ruído, foi o modelo "1271" da marca "*3M*", o mesmo utilizado pelos trabalhadores da prensa mecânica. Como só estavam disponíveis os valores da atenuação dos protetores auriculares utilizados para as bandas de oitava presentes no Quadro 23 e, como também correspondiam às frequências de nível sonoro mais elevado na *CHC*, só foram analisadas as atenuações para essas frequências.

Quadro 23 - Características técnicas do protetor auricular *3M* modelo 1271

Frequência (Hz)	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
Atenuação média (dB)	26,6	27,7	28,4	29,5	29,6	35,6	35,4	38,9
Desvio Padrão (dB)	9,4	9,9	10,9	9,6	8,2	6,8	9,6	6,7

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Para saber se os trabalhadores estavam bem protegidos determinaram-se os níveis sonoros globais em dB(A) com a atenuação produzida pelo protetor, por banda de oitava utilizando a Equação [20], presente no Anexo V do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro.

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_t + 2s_t \quad [20]$$

Onde,

s_t - desvio padrão da atenuação, indicado pelo fabricante

M_t - valor médio da atenuação dos protetores auditivos em cada banda de frequência, indicado pelo fabricante

$L_{Aeq,f,Tk}$ - nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado "A", em cada banda de oitava

L_n - nível de pressão sonora global, em dB(A)

No Quadro 24, encontram-se os resultados da atenuação do protetor auditivo "*3M* – 1271".

Quadro 24 - Atenuações do protetor auricular *3M* modelo 1271

Frequência (Hz)	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
Níveis Sonoros (dB(A))	58,72	68,67	75,29	82,82	83,60	83,34	80,23	75,15
Nível Sonoro com Protecção (dB(A))	50,92	60,77	68,69	72,52	78,4	61,34	64,03	49,65

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Com os níveis sonoros obtidos em dB(A), por bandas de oitava, calculou-se de através da Equação [21], o nível de pressão sonora contínuo equivalente de 79,9 dB(A).

$$L_{Aeq} = 10 \sum 10^{0,1L_n} \quad [21]$$

Onde,

L_n - nível de pressão sonora global, em dB(A)

L_{Aeq} - nível de pressão sonora contínuo equivalente, em dB(A)

Pela análise do Quadro 24 e pelo valor obtido do L_{Aeq}, constata-se que os protetores auriculares cumprem a legislação, diminuindo ainda os níveis sonoros abaixo do valor de ação inferior, ou seja, 80 dB(A). No caso das vibrações a que os trabalhadores da *CHC* estão expostos, estas resultam da posição destes no posto de trabalho. Assim sendo, as vibrações são transmitidas ao corpo inteiro do trabalhador. Segundo o Decreto-Lei n.º 46/2006[51], de 24 de fevereiro, os valores limite e os valores de ação de exposição às vibrações transmitidas ao corpo inteiro, por jornada de trabalho (8 horas), encontram-se presentes no Quadro 25.

Quadro 25 - Valores Limite de exposição à vibração transmitida ao corpo inteiro

Valor limite de exposição	1,15 m/s^2
Valor de acção de exposição	0,5 m/s^2

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

[51] Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro de 2006. Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa às prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a agentes físicos (vibrações).

Na Figura 169, vê-se o espectro de vibrações da *CHC*. Há um grande pico de vibração na faixa de frequências centrada em 2000 Hz, devido à vibração natural da estrutura da mesa.

Figura 169 – Espectro de vibrações da *CHC*

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

O nível global de vibrações da *CHC* é de 1,74 m/s². Da comparação do nível global de vibrações com os valores limite e os valores de ação de exposição, com as vibrações transmitidas ao corpo inteiro presentes no Quadro 25, concluiu-se que foi ultrapassado o valor limite de exposição.

Todavia, uma vez que os trabalhadores, não estavam constantemente em contacto com a máquina, o nível de vibrações a que estes estariam expostos durante um dia de trabalho, seria certamente inferior, carecendo a sua avaliação de instrumentação específica a aplicar no trabalhador durante um período considerável.

O nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq}, que resultou da medição neste equipamento, foi de 104,5 dB(A). Este distribuiu-se essencialmente nas altas frequências, nomeadamente entre 500 Hz e 4000 Hz, como se pode ver na Figura 170. Como aconteceu no caso da *CHC*, o ruído da Cisalha Rotativa também se localiza nas frequências para as quais o ouvido humano é mais sensível mas aqui com a agravante do nível sonoro nessas frequências ser bastante superior aos existentes na *CHC*.

Figura 170 – Espectro sonoro em bandas de oitava da cisalha rotativa

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

O nível sonoro mais elevado encontra-se na faixa de frequências centradas em 2000 Hz, com 100,88 dB(A), a qual corresponde à frequência onde ouvido é mais sensível. Pela análise no espectro sonoro da Figura 170, e do valor do L_{Aeq}, o qual se encontra acima do valor superior de ação definido pelo Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, concluiu-se que ser necessário implementar medidas que permitam reduzir a exposição dos trabalhadores ao ruído provocado pela cisalha rotativa.

O histórico de avaliação do ruído na empresa, mostra que a medida de proteção adotada foi a proteção auditiva já utilizada na Prensa Mecânica e na *CHC*. Da aplicação do método descrito no Anexo V do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, e já apresentado para o caso da *CHC*, de modo a verificar se os trabalhadores da cisalha estariam adequadamente protegidos com o uso dos protetores auriculares selecionados, obtiveram-se os resultados presentes no Quadro 26. A atenuação dos protetores encontra-se no Quadro 24.

Quadro 26 - Níveis sonoros com a atenuação dos protetores auriculares

Frequência (Hz)	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
Níveis Sonoros (dB(A))	62,26	73,29	85,78	92,55	99,70	100,88	96,45	70,26
Nível Sonoro com Protecção (dB(A))	54,46	65,39	79,18	82,25	86,5	78,88	80,25	44,76

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Depois de se obter os níveis sonoros com a atenuação do protetor auricular, por bandas de oitava, obteve-se o nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq}, de 89,5 dB(A). Assim, de acordo com os valores presentes no Quadro 26 e o valor de L_{Aeq} resultante, concluiu-se que o L_{Aeq} encontrava-se superior ao limite superior de ação, ou seja, 85 dB(A). Para a frequência de 1000 Hz, o valor limite de ação superior também foi ultrapassado e, como esta é uma das frequências que mais contribui para o nível sonoro resultante da cisalha e para a qual não há atenuação natural do ouvido humano, conclui-se que o protetor auricular selecionado não seria o adequado para os trabalhadores da cisalha rotativa. Após pesquisa e verificação das exigências estabelecidas na legislação, foi encontrado o protetor modelo "1110" da marca "*3M*", Figura 171, que se mostrou adequado para os trabalhadores da Cisalha Rotativa.

Figura 171 – Protetor auditivo *3M* modelo 1110

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

No Quadro 27, estão presentes os valores da atenuação proporcionados por este protetor auricular, para cada banda de oitava.

Quadro 27 - Características técnicas do protetor auricular *3M* modelo 1110

Frequência (Hz)	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
Atenuação média (dB)	30	33,1	36,3	38,4	38,7	39,7	48,3	44,4
Desvio Padrão (dB)	3,9	5	7,4	6,2	5,6	4,3	4,5	4,4

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

Por aplicação do método descrito no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, obteve-se os valores dos níveis sonoros com a atenuação do protetor auditivo, Quadro 28.

Quadro 28 - Atenuações do protetor auricular *3M* modelo 1110

Frequência (Hz)	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*
Níveis Sonoros (dB(A))	62,26	73,29	85,78	92,55	99,70	100,88	96,45	70,26
Nível Sonoro com Protecção (dB(A))	40,06	50,19	64,28	66,55	72,20	69,78	57,15	34,66

(Fonte: Célia Cabral, 2012)

De seguida, obteve-se o nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq}, de 75,3 dB(A). Pela análise do Quadro 28 e pelo valor obtido do L_{Aeq}, constata-se que os protetores auriculares cumprem a legislação, diminuindo ainda os níveis sonoros abaixo do valor de ação inferior, ou seja, 80 dB(A). Outra opção que poderia ser tomada seria a instalação de uma cabina de insonorização que envolvesse a cisalha, impedindo assim a propagação das ondas sonoras, diminuindo o ruído sobre o trabalhador.

Uma outra alternativa seria a substituição da cisalha por uma prensa mecânica com cabina de insonorização. Esta para manter a mesma cadência de produção da cisalha, ou seja, 3280 eixos por minuto, teria de garantir uma velocidade de 320 golpes por minuto para cortar 10 arames em simultâneo. Em relação aos valores obtidos da vibração, estes não são conclusivos quanto à vibração que atinge os trabalhadores, uma vez que estes foram medidos junto ao cabeçote porta-cortantes, sendo o nível global de vibração obtido de 34,64 m/s². Como esta não é a vibração que chega aos trabalhadores, não é possível aferir se a legislação é cumprida.

As principais conclusões que foram retiradas desta análise são:

- ✓ A Prensa Mecânica emite 111,7 dB, a *CHC* 92,26 dB e a Cisalha Rotativa 104 dB.
- ✓ O conteúdo básico em frequência da pressão sonora emitida pela prensa mecânica está concentrado nas baixas frequências, onde se destaca a faixa que vai de 70 Hz a 500 Hz, relacionado com o impacto de conformação e corte das peças. Nas altas frequências, embora com menor amplitude, também existe contributo devido à energia vibratória provocada pelo impacto.
- ✓ As frequências que mais contribuem para o ruído emitido pela *CHC*, centram-se a 25 Hz e 384 Hz, estas estão associadas ao funcionamento dos alimentadores e ventiladores, respetivamente. No que diz respeito à vibração, o maior contributo encontra-se entre 500 Hz a 4000 Hz, devido à vibração natural da estrutura da *CHC*.
- ✓ A caracterização acústica da Cisalha Rotativa é definida pela frequência de corte, 56 Hz, e suas harmónicas.
- ✓ Os níveis sonoros contínuos equivalentes (L_{Aeq}), da *CHC* e da Cisalha Rotativa são de 89,2 dB(A) e 104,5 dB(A) respetivamente, estando-se acima do valor limite superior de ação. Sendo assim, seria necessário tomar medidas de proteção.
- ✓ Após aplicação da atenuação dada pelos protetores auriculares utilizados pelos trabalhadores dos equipamentos em estudo, obteve-se para a *CHC* um L_{Aeq} = 79,9 dB(A) e para a Cisalha Rotativa um L_{Aeq} = 89,5 dB(A).
- ✓ Conclui-se assim os trabalhadores da cisalha não tem uma proteção adequada pois o nível sonoro a que estão expostos é superior ao limite superior de ação. Contudo, com o protetor auricular "*3M"* modelo 1110, ficariam adequadamente protegidos.

2.1.8 Análise de ruído sonoro em ambiente industrial: uma nova abordagem

Este estudo(101) teve como objetivo apresentar uma nova abordagem de análise preliminar do ruído presente na nave de uma indústria de grande porte. Os equipamentos utilizados num ambiente industrial geram poluição sonora e podem afetar a saúde do trabalhador. A legislação brasileira atual contempla apenas a exposição a altos níveis de ruído, independentemente da sua característica espectral. O controlo do nível de potência para ruídos com componentes espectrais com alto nível de potência em baixa frequência, como encontrado na fábrica avaliada neste trabalho, não está regulamentado.

Os equipamentos utilizados num ambiente industrial, a exemplo de motores, ventiladores, transformadores e compressores, geram poluição sonora que pode causar graves efeitos nocivos para a saúde do trabalhador, cuja potência se concentra em baixas frequências (20 Hz a 500 Hz), o chamado *Low Frequency Noise* (*LFN*). Considerando uma fonte geradora de ruído cuja potência se concentra nas baixas frequências, este ruído espalha-se por um ambiente uniformemente e envolve o trabalhador de tal maneira que contribui decisivamente para o aumento da poluição sonora.

Este trabalho compreendeu uma análise preliminar e o estudo do ruído presente numa nave de uma indústria calçadista brasileira de grande porte, com o objetivo de se entender a natureza dos sons produzidos num ambiente industrial para permitir um nível mais elevado de saúde laboral. A metodologia proposta procurou compreender o comportamento do ruído nas seguintes questões:

- ✓ Quais frequências se destacam e em quais ocorrem os picos de potência;
- ✓ Se as amostras apresentam trechos periódicos;
- ✓ Se existe algum modelo que se possa aproximar das amostras recolhidas.

Os valores médios e o valor quadrático médio utilizados no procedimento adotado pelo Ministério do Trabalho e Emprego, foram também obtidos por meio desta metodologia. A análise do ruído iniciou-se com as gravações do ruído existente para posterior processamento. As análises foram realizadas para amostras individuais de ruído. Analisou-se a Densidade Espectral de Potência (DEP) e a autocorrelação das amostras. A DEP obteve-se com o estimador de *Welch* com 8192 pontos e um janelamento *Hamming*.

A escolha da quantidade de pontos para a estimativa, bem como do janelamento deve-se à preservação de uma resolução espectral que permita a compreensão da natureza do ruído existente na nave. Os gráficos gerados após esse processamento foram divididos em dois blocos: baixa frequência (BF) (0 Hz – 500 Hz) e média frequência (MF) (500 Hz – 1200 Hz) para permitir melhor visualização do ruído existente na fábrica. A partir de ficheiros de áudio, para cada um dos quatro conjuntos de ventiladores medidos, foram gerados dois gráficos da densidade espectral de potência média. O gráfico da Figura 172 apresenta a DEP média dos áudios captados no quarto ponto medido para a faixa 0 Hz até 500 Hz.

Observam-se altos valores de potência para baixas frequências específicas do bloco BF (de 50 Hz a 150 Hz). Essas fortes vibrações atuam diretamente e indiretamente sobre os trabalhadores da nave, podendo causar irritação e aborrecimento em pessoas mais sensíveis ao ruído. O pico de potência existente na faixa de 80 Hz a 150 Hz pode gerar vibrações no peito de uma pessoa ao ponto de alterar a sua voz momentaneamente.

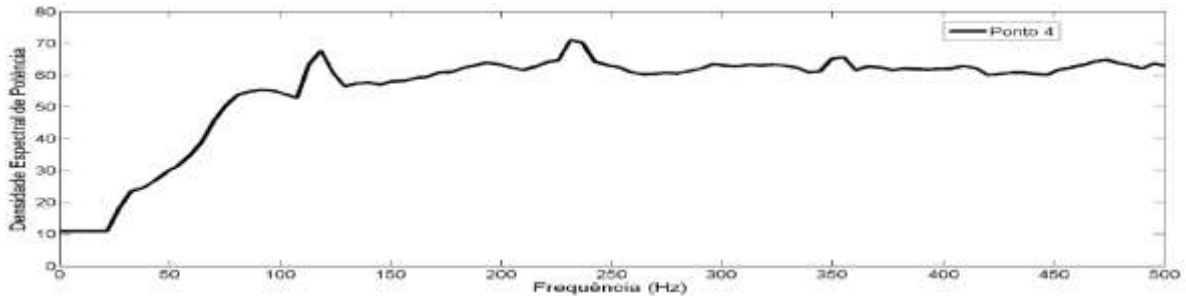


Figura 172 – Densidade espectral de potência do áudio no 4.º conjunto de ventiladores entre 0 – 500 Hz

(Fonte: Daniel Martins, Marcelo Alencar, 2013)

Pode ser ainda observado que o registo de um rápido aumento na potência de ruído entre 20 Hz e 150 Hz. A partir de 150 Hz, o nível mantém-se praticamente constante, existindo alguns picos até à frequência limite (500 Hz). A análise restante, que permitiu um entendimento preliminar do comportamento desse ruído, foi o cálculo e a geração do gráfico de autocorrelação desta amostra. A autocorrelação permite avaliar se haverá, ou não, periodicidade num sinal aleatório, o que facilitará a compreensão da natureza do ruído recolhido. No gráfico da Figura 173, a parte central é idêntica à autocorrelação de um ruído branco e a forma completa deste gráfico assemelha-se à autocorrelação de um ruído branco passa-faixo, em que a faixa de frequência predominante é de 20 Hz a 1 kHz, condizendo com o resultado obtido no cálculo da DEP.

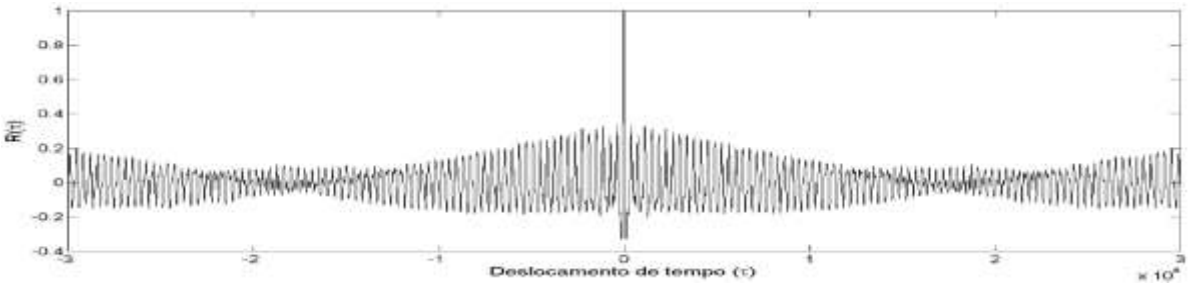


Figura 173 – Autocorrelação da amostra do 4.º ponto medido

(Fonte: Daniel Martins, Marcelo Alencar, 2013)

Os resultados apresentados configuram um novo cenário de análise que necessita de ser estudado com maior profundidade. A identificação preliminar do tipo de ruído existente, possibilita criar estratégias para mitigá-lo. As principais componentes (maior valor de potência medido) podem ser atenuadas com a criação de filtros e barreiras específicas.

Possibilita-se dessa forma diminuir a poluição sonora existente e, por conseguinte, melhorar a saúde laboral. A existência de altos valores de potência para ruídos de baixa frequência nessa categoria industrial pode contribuir para baixas médicas frequentes. Os próximos passos de pesquisa/investigação pesquisa deverão:

- ✓ Correlacionar os dados apresentados com dados médicos para avaliar a quantidade de trabalhadores que já apresentam sintomas dos efeitos de ruídos de baixa frequência;
- ✓ Procurar desenvolver um modelo que permita interpretar com maior clareza a natureza deste ruído;
- ✓ Comparar os resultados obtidos com modelos existentes.

2.2 Estudos Epidemiológicos

2.2.1 Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica

Este estudo(104) teve como objetivo analisar a prevalência dos casos sugestivos de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores metalúrgicos, potencialmente expostos ao ruído ocupacional (83 a 102 dB).

Tratou-se de estudo de delineamento transversal, realizado de novembro de 2001 a março de 2002 numa empresa metalúrgica privada prestadora de serviços técnicos de manutenção mecânica (preventiva e corretiva) de equipamentos de refrigeração de médio e grande porte, situada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

Foram analisados os trabalhadores metalúrgicos que prestavam serviços nas empresas contratantes contempladas pelo Programa de Conservação Auditiva (PCA) durante o período da pesquisa. Assim, foram preenchidos 194 questionários, sendo excluídos 12 trabalhadores (6,2%) devido à inexistência de resultados audiométricos. Trabalhou-se, portanto, com 182 trabalhadores que representaram cerca de 74% do total de trabalhadores que prestavam serviços nessas empresas.

Função da dificuldade encontrada pelo PCA na quantificação do nível de exposição individual ao ruído em cada posto de trabalho, utilizou-se apenas a classificação acústica das unidades operacionais das empresas contratantes para a caracterização do estado de exposição ao ruído no ambiente de trabalho. Assim, todos os trabalhadores estudados foram classificados como potencialmente expostos ao ruído ocupacional, pois executavam as suas atividades em setores de produção com níveis de pressão sonora acima do limite de tolerância legal para oito horas diárias no Brasil (> 85 dB), segundo a avaliação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) efetuado em 2001 na empresa.

Tais níveis de pressão sonora eram variáveis não só entre setores, mas também num mesmo setor, variando entre 83 e 102 dB, em função da atividade desenvolvida: manutenção preventiva programada e/ou manutenção corretiva não programada. As medições foram efetuadas com o Decibelímetro Digital *MINIPA MSL 1350* com Calibrador interno. Trabalhou-se com questionário auto-preenchível baseado nos conhecimentos atualizados sobre a história natural da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) para elaboração da ferramenta de recolha que permitisse a investigação dos principais fatores associados a essa doença.

De acordo com as prioridades do programa preventivo, destinado apenas à população exposta ao ruído ocupacional, iniciou-se a aplicação do questionário aos trabalhadores dispersos nas várias empresas contratantes, etapa essa realizada como parte integrante do PCA e conduzida com a realização de palestras sobre os cuidados com a saúde auditiva, esclarecimentos sobre: a PAIR, a emissão do Comunicado de Acidente de Trabalho (CAT) e a distribuição de Equipamento de Proteção Individual (EPI).

Elaborou-se uma base de dados, a partir dos questionários e dos registos do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) da empresa, que continham resultados de informação audiométrica, clínica e administrativa.

Todos os exames audiométricos foram realizados por serviços de reconhecida qualidade técnica, de acordo com as normas em vigor no Brasil. As variáveis analisadas foram as seguintes:

Variável dependente (desfecho):

Perda auditiva sugestiva de PAIR, cuja caracterização foi efetuada a partir da evidência de deficit auditivo sensorioneural nos exames audiométricos, segundo os critérios estabelecidos pela Portaria n.º 19[52] do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil.

Variáveis independentes (exposição):

Idade, tempo de atividade na empresa, tempo total de exposição ao ruído ocupacional (estimado a partir do relato da perceção individual de cada trabalhador sobre a exposição ao ruído durante toda a sua vida laboral), uso regular de EPI (caracterizado pelo relato de utilização de protetor auricular por parte dos trabalhadores sempre que exerciam atividades em ambientes ruidosos), exposição extra ocupacional ao ruído (hábito de uso de armas de fogo, ou de frequentar festas ruidosas, ou de lançar foguetes/bombas), exposição ocupacional a produtos químicos (solventes, redutores, óleos e graxas), história familiar de deficit auditivo, história atual e/ou anterior de tabagismo, história pessoal de hipertensão e de diabetes *mellitus* (sacarina ou açucarado) e história prévia de traumatismo craniano.

Analisou-se também a distribuição de queixas frequentes de zumbidos e de dificuldade para ouvir em ambientes ruidosos na população em estudo.

Utilizou-se o valor da função de verossimilhança e o teste de *Hosmer-Lemeshow*[53] para avaliar, respetivamente, a significância e a qualidade de ajuste do modelo em todas as etapas.

Os programas estatísticos utilizados foram o *Epi Info* (versão *6.04b*), para a entrada e análise dos dados, e o *SPSS 8.0 for Windows*, para as análises multivariadas.

A população de estudo foi constituída somente por trabalhadores do sexo masculino, com variação de idade entre 19 e 70 anos (mediana: 35,5; percentis 25%: 25,0 e 75%: 46,0), dos quais 61,5% tinham até 40 anos de idade.

O tempo médio de trabalho na empresa foi de 7,6 anos (mediana: 5,0; percentis 25%: 2,0 e 75%: 12,1). O tempo médio de exposição ao ruído no ambiente de trabalho foi de 9,9 anos (mediana: 6,0; percentis 25%: 2,0 e 75%: 16,0).

[52] Portaria n.º 19, de 9 de abril de 1998, (DOU de 22/04/98, Seção 1, págs. 64 a 66). Considerando o disposto no artigo 168 da Consolidação das Leis do Trabalho, o disposto na norma regulamentadora NR-7 (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional), estabelecimento de diretrizes e parâmetros mínimos para a avaliação e o acompanhamento da audição dos trabalhadores, expostos a níveis de pressão sonora elevados e o texto técnico apresentado pelo Grupo de Trabalho Tripartite constituído através da Portaria SSST/MTb n.º 5, de 25 de fevereiro de 1997.

[53] O teste de *Hosmer-Lemeshow* é muito utilizado em regressão logística com a finalidade de testar a bondade do ajuste, em outras palavras, o teste comprova se o modelo proposto pode explicar bem o que se observa. O teste avalia o modelo ajustado através das distâncias entre as probabilidades ajustadas e as probabilidades observadas. A bondade do teste é baseada na divisão da amostra segundo as suas probabilidades ajustadas com base nos valores dos parâmetros estimados pela regressão logística. Os valores ajustados são dispostos do menor para o maior, e em seguida, separados em "g" grupos de tamanho aproximadamente igual. *Hosmer e Lemeshow* (1980) propõe que seja utilizado (g = 10).

A prevalência de casos sugestivos de PAIR foi de 15,9%, com um intervalo de confiança de 10,9% a 22,1%. Na análise bivariada, a distribuição dos casos sugestivos de PAIR apresentou prevalências significativamente crescentes (p < 0,05), diretamente proporcionais ao aumento da faixa etária, ao tempo de atividade na empresa e ao tempo de exposição ao ruído ocupacional. A razão de prevalência (RP) para tempo de exposição ao ruído ocupacional maior ou igual a 20 anos foi de 4,65 (IC 95%: 2,01-10,72). A prevalência de casos sugestivos de PAIR foi menor nos trabalhadores com relato de uso regular de EPI (p = 0,09) e maior naqueles que relataram exposição ocupacional a produtos químicos (p = 0,3), em relação aos trabalhadores sem os mencionados relatos, Quadro 29.

Quadro 29 – Distribuição da população, prevalência dos casos sugestivos de perda auditiva induzida por ruído e razão de prevalências, em função da faixa etária e ocupação

Variáveis	%	Prevalência	RP (IC 95%)*	p valor
Faixa etária				
Até 29	39,0	4,2%	1,00	
30 a 39 anos	20,3	5,4%	1,28 (0,22 a 7,32)	1,00**
40 a 49 anos	23,6	20,9%	4,95 (1,42 a 17,30)	<0,01**
50 e mais	17,0	48,4%	11,45 (3,57 a 36,73)	<0,01**
Tempo de atividade na empresa				
0 a 5 anos	55,5	5,9%	1,00	
6 a 10 anos	14,8	22,2%	3,74 (1,31 a 10,68)	<0,01
11 a 20 anos	20,3	27,0%	4,55 (1,78 a 11,64)	<0,01
20 anos e mais	9,3	41,2%	6,93 (2,65 a 18,14)	<0,01
Tempo exposição ruído ocupacional				
0 a 5 anos	48,6	8,3%	1,00	
6 a 10 anos	16,2	14,3%	1,71 (0,54 a 5,42)	0,46**
11 a 20 anos	17,3	20,0%	2,40 (0,88 a 6,57)	0,08
20 anos e mais	17,9	38,7%	4,65 (2,01 a 10,72)	<0,01
Uso regular de EPI				
Não	44,2	21,3%	1,00	
Sim	55,8	11,9%	0,56 (0,28 a 1,10)	0,09
Exposição ocupacional produto químico				
Não	53,6	13,4%	1,00	
Sim	46,4	19,0%	1,42 (0,73 a 2,78)	0,3

Dados referem-se apenas aos trabalhadores que informaram (dados não informados inferiores a 10%)
EPI: Equipamento de proteção individual
*RP (IC 95%): Razão de prevalências com intervalo de confiança de 95%
**Teste Exato de Fisher bicaudal

(Fonte: Maximiliano Guerra, 2005)

Os trabalhadores com audiometrias sugestivas de PAIR apresentaram média de idade, tempo médio de atividade na empresa e tempo médio de exposição ao ruído ocupacional de 50,2 anos, 14,1 anos e 16,6 anos, respetivamente, números maiores do que os observados em relação aos demais trabalhadores (p < 0,05), Quadro 30.

Quadro 30 – Média e desvio-padrão da idade, do tempo de atividade na empresa e do tempo total de exposição ao ruído ocupacional, segundo o traçado audiométrico

Variáveis	Caso sugestivo de PAIR		P valor**
	Sim Média (DP)	Não Média (DP)	
Idade	50,2 (±12,3)	34,1 (±10,7)	<0,01
Tempo de atividade na empresa	14,1 (±8,3)	6,4 (±6,5)	<0,01
Tempo de exposição ao ruído ocupacional*	16,6 (±11,2)	8,6 (±9,0)	<0,01

DP: Desvio-padrão
PAIR: Perda auditiva induzida por ruído
*Dados referem-se apenas aos trabalhadores que informaram (dados não informados inferiores a 10%)
**Teste *t* (Diferença de médias)

(Fonte: Maximiliano Guerra, 2005)

Identificaram-se as prevalências de casos sugestivos de PAIR maiores nos trabalhadores com história de exposição a fontes de ruído extraocupacional (25,0%), de traumatismo craniano (24,2%), de hipertensão arterial (22,7%) e de diabetes *mellitus* (30,0%), em comparação com os trabalhadores sem tais histórias (15,7%, 13,8%, 15,5% e 15,6%, respetivamente), diferenças que não foram significativas ($p < 0,05$). A prevalência de casos sugestivos de PAIR foi menor entre os trabalhadores com história familiar de deficit auditivo (RP: 0,18; IC 95%: 0,02-1,25) e maior naqueles com história atual e/ou anterior de tabagismo (RP: 3,46; IC 95%: 1,78-6,73) em relação aos trabalhadores sem esse histórico. No que se refere aos sintomas clínicos relacionados com a audição, foram evidenciados casos sugestivos de PAIR em 33,3% e 62,5% dos trabalhadores com queixas frequentes de zumbidos e de dificuldade para ouvir em ambientes ruidosos, respetivamente, Quadro 31.

Quadro 31 – Distribuição da população, prevalência dos casos sugestivos de PAIR e razão de prevalências, em função dos dados de exposição a ruído extraocupacional, história de traumatismo craniano, morbidade pessoal e familiar, sintomas auditivos e tabagismo

Variáveis	%	Prevalência	RP (IC 95%)*	P valor
Exposição a ruído extra-ocupacional				
Não	97,8	15,7%	1,00	
Sim	2,2	25,0%	1,59 (0,28-8,97)	0,5**
História de traumatismo craniano				
Não	81,5	13,8%	1,00	
Sim	18,5	24,2%	1,76 (0,85-3,64)	0,14
Hipertensão arterial				
Não	87,6	15,5%	1,00	
Sim	12,4	22,7%	1,47 (0,62-3,45)	0,4
Diabetes mellitus				
Não	94,4	15,6%	1,00	
Sim	5,6	30,0%	1,93 (0,70-5,29)	0,2**
História familiar de déficit auditivo				
Não	82,1	18,3%	1,00	
Sim	17,9	3,2%	0,18 (0,02-1,25)	0,05**
História de tabagismo				
Não	70,9	9,4%	1,00	
Sim	29,1	32,7%	3,46 (1,78-6,73)	<0,01
Zumbidos				
Nunca/ às vezes	98,3	15,3%	1,00	
Sempre	1,7	33,3%	2,17 (0,42-11,17)	0,4**
Dificuldade para ouvir				
Nunca/ às vezes	95,6	13,9%	1,00	
Sempre	4,4	62,5%	4,48 (2,33-8,60)	<0,01**

Dados referem-se apenas aos trabalhadores que informaram (dados não informados inferiores a 10%)
*RP (IC 95%): Razão de prevalências com intervalo de confiança de 95%
**Teste Exato de Fisher bicaudal

(Fonte: Maximiliano Guerra, 2005)

Foram selecionadas 11 variáveis para o processo de modelagem (regressão logística), de acordo com a significância estatística e/ou relevância, Quadro 32.

Quadro 32 – Variáveis no processo de modelagem, segundo os critérios de seleção

Variáveis	P valor
Significativas ($p \leq 0,05$) e relevantes	
Faixa etária	<0,01*
Tempo de atividade na empresa	<0,01
Tempo exposição ao ruído ocupacional	<0,01*
História atual e/ou pregressa de tabagismo	<0,01
Relevantes e com significância marginal ($0,05 < p \leq 0,2$)	
História familiar de déficit auditivo	0,05*
Uso regular de EPI	0,09
História de traumatismo craniano	0,14
Diabetes mellitus	0,2*
Relevantes sem significância ($p > 0,2$)	
Exposição ocupacional a produtos químicos	0,3
Hipertensão arterial	0,4
Exposição a ruído extra-ocupacional	0,5*

EPI: Equipamento de proteção individual
*Teste exato de Fisher bicaudal

(Fonte: Maximiliano Guerra, 2005)

O termo de interação avaliado (idade e tempo exposição ao ruído ocupacional) não foi significativo, indicando que os seus efeitos são independentes. Após controlo para potenciais fatores de confusão, o modelo final identificou como significativamente associadas aos casos sugestivos de PAIR ($p < 0,05$), as variáveis faixa etária e uso regular de EPI, Quadro 33. De acordo com o valor da função de verossimilhança, o modelo mostrou-se significativo como um todo ($p < 0,01$), apresentando boa qualidade de ajuste avaliada pelo teste de *Hosmer-Lemeshow* ($p = 0,65$).

Quadro 33 – *Odds Ratio* bruto ajustado (modelo de regressão logística) e intervalos de confiança de 95%

Variáveis	OR (IC 95%)* bruto	OR (IC 95%)* ajustado
Faixa etária		
Até 29	1,00	1,00
30 a 39 anos	1,30 (0,21-8,12)	0,92 (0,11-7,75)
40 a 49 anos	6,00 (1,52-23,61)	12,48 (1,93-80,75)
50 e mais	21,25 (5,49-82,29)	22,62 (3,12-163,89)
Tempo de atividade na empresa		
0 a 5 anos	1,00	1,00
6 a 10 anos	4,52 (1,33-15,42)	5,00 (1,00-24,93)
11 a 20 anos	5,86 (1,95-17,58)	4,40 (0,93-20,75)
20 anos e mais	11,08 (3,11-39,48)	3,60 (0,48-26,96)
Tempo de exposição ao ruído ocupacional		
0 a 5 anos	1,00	1,00
6 a 10 anos	1,83 (0,49-6,80)	0,31 (0,05-2,09)
11 a 20 anos	2,75 (0,84-8,97)	0,26 (0,04-1,58)
20 anos e mais	6,95 (2,41-20,03)	0,32 (0,04-2,38)
Uso regular de EPI	0,50 (0,22-1,12)	0,30 (0,11-0,84)
História de traumatismo craniano	2,00 (0,79-5,05)	2,46 (0,76-7,92)

OR: *Odds ratio;* EPI: Equipamento de proteção individual
*OR (IC 95%): *Odds ratio* com intervalo de confiança de 95%

(Fonte: Maximiliano Guerra, 2005)

Este estudo foi conduzido simultaneamente à execução do PCA da empresa, sendo grande parte das informações obtidas por meio de questionário elaborado por esse programa. Portanto, a pesquisa teve algumas limitações relativas à opção de trabalhar com dados provenientes de uma ação programática em andamento. As prioridades adotadas pelo PCA, no intuito de verificar a necessidade da sua assistência imediata às empresas contratantes, consideraram sempre aquelas em que estava lotado o maior contingente dos trabalhadores.

Como a recolha de dados se restringiu a cerca de cinco meses, o PCA não conseguiu atingir a cobertura de 100% no período considerado. No início, a população em estudo poderia levantar dúvidas relativamente à sua representatividade mas, segundo as avaliações técnicas do SESMT, os trabalhadores que não foram assistidos pelo PCA, não apresentavam condições de exposição a agentes ocupacionais diferenciadas dos demais., pelo que se acredita não ter ocorrido erro sistemático de seleção importante.

De acordo com o levantamento bibliográfico efetuado(105)(106)(107)(108)(109)(110)(111), a prevalência de casos sugestivos de PAIR encontrada (15,9%) foi menor que a verificada em outros estudos analisados, os quais mostraram variação de 28,5 a 46,2%.Tal constatação deve levar em conta o fato de que esses estudos terem sido realizados em diferentes categorias de trabalhadores brasileiros.

Além disso, a menor prevalência de casos sugestivos de PAIR observada pode estar relacionada ao nível de exposição ao ruído ocupacional a que os trabalhadores estudados estavam submetidos, que apresentava difícil quantificação individual, em função, principalmente, da natureza da atividade executada: manutenção preventiva (programada) e manutenção corretiva (imprevisível).

A associação entre os casos sugestivos de PAIR e a idade merece destaque, visto que a prevalência desses casos se eleva à medida que aumentam as faixas etárias ($p < 0,01$), de maneira independente, sendo cerca de 11,45 vezes maior em trabalhadores acima de 50 anos, relativamente aos trabalhadores com idade inferior a 30 anos (IC 95%: 3,57 a 36,73). Tal constatação é consistente com os dados de literatura bibliográfica(112).

O uso regular de EPI apresentou-se estatisticamente associado aos casos sugestivos de PAIR ($p = 0,02$), após controlo de possíveis variáveis de confusão, evidenciando prevalências menores de casos sugestivos de PAIR em trabalhadores que relataram regularidade do uso, em relação àqueles que informaram uso irregular ou não uso (RP: 0,56; IC 95%: 0,28-1,10).

Isso enfatiza a necessidade de indicação, adequação e acompanhamento do uso do EPI, quando as medidas de proteção coletiva forem insatisfatórias. Apesar de terem apresentado significância apenas marginal ($0,05 < p < 0,2$), o tempo de atividade na empresa ($p = 0,18$) e a história positiva de traumatismo craniano ($p = 0,13$) merecem ser considerados, pois são relevantes no contexto dessa doença e exibiram *OR* bruto dentro dos limites do intervalo de confiança de 95% do *OR* ajustado.

Constatou-se que a prevalência dos casos sugestivos de PAIR se eleva a partir de seis anos de atividade na empresa, em comparação com os trabalhadores com menor tempo de trabalho. Tal situação pode apontar para o fato de que os diversos ambientes de trabalho dos setores de produção das empresas contratantes possam estar contribuindo para a ocorrência desse agravamento à saúde do trabalhador.

A prevalência de casos sugestivos de PAIR foi cerca de 1,8 vezes maior nos trabalhadores com história positiva de traumatismo craniano, relativamente aos que não tinham esta história negativa, o que está de acordo com a necessidade de investigação deste fator na presença de um trabalhador com deficit auditivo sugestivo de PAIR, para fins de melhor apreciação etiológica(113).

O tempo de exposição ao ruído no ambiente de trabalho mostrou-se não significativo no modelo ajustado ($p = 0,48$), indicando a influência das demais variáveis na medida bruta. Tal situação poderia ser explicada pelo fato de que essa variável, que é relatada pelo trabalhador, estar muito sujeita a erro sistemático de informação, podendo ser sobre ou subestimada em função de interesses diversos, como por exemplo a obtenção de algum amparo legal.

O tempo médio de exposição ao ruído ocupacional relatado (9,9 anos) foi superior ao tempo médio de trabalho na empresa em questão (7,6 anos), o que sugere exposição prévia ao ruído em atividades anteriores. Apesar dos resultados estatísticos terem indicado independência entre a idade e o tempo de exposição ao ruído ocupacional, a possibilidade de co-linearidade só poderia ter sido eliminada com o emparelhamento dos participantes do estudo por idade, em diferentes condições de exposição, o que não foi efetuado.

Deve-se levar em consideração também que, embora a associação entre exposição a produtos químicos e PAIR não tenha sido significativa na presente pesquisa ($p > 0,05$), a ausência de resultados de medições da exposição e de história de exposição detalhada não permitem descartar tal associação.

2.2.2 Alterações auditivas em trabalhadores expostos ao ruído industrial

Este estudo(114) teve como objetivo determinar o grau de deficiência auditiva em trabalhadores expostos a ruído industrial: quantificando os níveis de ruído existentes nos diferentes postos de trabalho; definindo o dano acústico para cada trabalhador pelo resultado do exame audiométrico, relacionando-o com a idade, o sexo, a ocupação e o tempo de exposição; e demostrando a presença de perda auditiva profissional nos trabalhadores em estudo.

Estudo descritivo e retrospetivo do universo de 98 trabalhadores de uma Serralharia de Alumínios, em Havana - Cuba; dedicada ao desenvolvimento e produção de caixilharias de alumínio (portas, janelas e grades) para as instituições do Estado. Esta pesquisa incluiu:

- ✓ Medições de níveis de ruído, em dB(A), em cada um dos pontos estabelecidos nos locais de trabalho e departamentos cumprindo com a *NC-(19-01-13)* de 1983[54];
- ✓ Histórico de cada trabalhador , de onde foram recolhidos os seguintes dados:
  - Nome; Idade; Sexo;
  - Posto de trabalho; Tempo de exposição ao ruído;
  - Uso de meios de proteção auditiva;
  - Antecedentes patológicos pessoais (APP) e familiares (APF).

Posteriormente, realizou-se a cada trabalhador um exame otoscópico e exame audiométrico em ambos os ouvidos.

A audiometria por via óssea somente se efetuou nos casos que apresentaram deficit auditivo identificado ou que estiveram mais tempo trabalhando em ambientes ruidosos.

O teste consistiu em examinar o ouvido nas frequências compreendidas entre 0,5-6 khz, iniciando-se com um sinal de frequência fixa com incrementos de estímulos sonoros a partir do zero em intervalos de 5 dB até que o trabalhador perceba o som, repetindo-se o procedimento para o outro ouvido.

Os audiogramas foram realizados numa cabina *Sonotex* com um nível de ruído de fundo inferior a 35 dB(A), cumprindo com o estabelecido pela maioria dos autores(115).

Foi utilizado o modelo “62-02” para testes de audição e exigiu-se a cada trabalhador uma ausência de exposição ao ruído de, pelo menos 16 horas.

O critério de diagnóstico baseou-se em encontrar um escotoma na frequência de 4 kHz que, à medida que se aprofunda e se tem em conta as frequências de 2 e 3 kHz. (considerando a perda causada pela idade) se determina a gravidade(116)(117)(118).

A recolha dos dados foi realizada num modelo de recolha construído para o efeito, sendo posteriormente processada toda a informação utilizando o método estatístico descritivo.

Através da análise do Quadro 34 pode verificar-se que na pesquisa realizada se obteve uma idade média de 39,1 anos, com um máximo de idade de 59 anos e um mínimo de 21 anos.

[54] Norma Cubana *NC-(19-01-13) de 1983. Ruido: Determinación de la pérdida de la audición*.

Quadro 34 – Universo de trabalhadores por idade e sexo

GRUPOS DE EDADES	SEXO				TOTAL	
	MASCULINO		FEMENINO			
	#	%	#	%	#	%
25 años o menos	7	7.1	-	-	7	7.1
26-35 años	13	13.3	25	25.6	38	38.9
36-45 años	7	7.1	16	16.3	23	23.4
46-55 años	10	10.2	11	11.3	21	21.5
56 años o más	7	7.1	2	2.0	9	9.1
TOTAL	44	44.8	54	55.0	98	100.0

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

A faixa etária com o maior número de trabalhadores encontrados foi a de 26-35 anos, o que representa 38,9% do total estudado. No que respeita ao sexo, o grupo feminino foi o mais numeroso correspondendo a 55,0% do universo analisado. O Quadro 35 mostra a distribuição dos trabalhadores por departamento e por tempo de exposição ao ruído.

Quadro 35 – Universo de trabalhadores por departamentos e tempo de exposição

DEPARTA-MENTOS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL RUIDO														TOTAL	
	< 1 AÑO		1-5 AÑOS		6-10AÑOS		11-15 AÑOS		16-20 AÑOS		21-30 AÑOS		> 31 AÑOS			
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
AREA SIERRAS	-	-	-	-	1	1.0	1	1.0	-	-	-	-	-	-	2	2.0
BARANDA	1	1.0	2	2.0	1	1.0	1	1.0	1	1.0	1	1.0	-	-	7	7.0
V.M.Q	-	-	-	-	3	3.2	1	1.0	2	2.0	1	1.0	-	-	7	7.2
V.T.A.	-	-	2	2.0	3	3.2	-	-	2	2.0	-	-	-	-	7	7.2
ACCE-SORIOS	-	-	4	4.2	1	1.0	1	1.0	1	1.0	-	-	-	-	7	7.2
MANTENI-MIENTO	1	1.0	4	4.2	1	1.0	-	-	2	2.0	1	1.0	1	1.0	10	10.2
DPTO TECNICO	-	-	1	1.0	2	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3.0
PUERTA	-	-	1	1.0	5	5.2	1	1.0	2	2.0	2	2.0	2	2.0	13	13.2
RECEPCIÓN	-	-	1	1.0	-	-	1	1.0	1	1.0	-	-	-	-	3	3.0
OFICINAS	-	-	4	4.2	4	4.2	2	2.0	2	2.0	-	-	-	-	12	12.4
ALMACÉN	-	-	-	-	1	1.0	-	-	1	1.0	-	-	-	-	2	2.0
PLANTA ANODIZADO	-	-	3	3.2	2	2.0	1	1.0	2	2.0	3	3.2	-	-	11	11.4
COCINA--COMEDOR	-	-	1	1.0	1	1.0	-	-	2	2.0	2	2.0	-	-	6	6.0
ESTIBA-DORES	2	2.0	4	4.2	2	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6.2
TOTAL	4	4.0	27	28.0	27	28.0	9	9.0	18	18.0	10	10.2	3	3.0	98.0	100.0

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

A idade média laboral encontrada foi de 13,9 anos, com um máximo de 41 anos de trabalho e um mínimo de 6 meses. O maior número de trabalhadores nos grupos entre 1 e 5 anos e entre 6 a 10 anos de trabalho, representando 28,0%. Quanto ao uso de protetores auditivos, verificou-se que nenhum trabalhador os havia usado durante o dia de trabalho.

As medições de ruído efetuadas nos 13 locais de trabalho da zona em análise, Quadro 36, mostram que apenas em 4 deles os valores foram iguais ou inferiores a 85 dB(A), limite máximo admissível em 8 horas diárias de exposição sem que cause uma afetação auditiva.

Nas 9 áreas restantes os trabalhadores estiveram expostos a níveis de ruído que podem causar danos à saúde. Como se vê no Quadro 36, foi no departamento “Barandas” onde se registou um nível mais elevado de ruído, com valores até 101 dB(A), ressaltando a “Área Sierras” com níveis de ruído entre 104 e 107 dB(A) de circulação geral de trabalhadores.

Os estivadores mantêm-se principalmente em áreas exteriores longe dos espaços oficinais, não estando expostos ao risco ocupacional em análise. O gráfico da Figura 174 mostra que de todos os trabalhadores pesquisados apenas 21 tiveram resultados audiométricos normais (21,5%), enquanto os restantes 77 acusaram perda de audição (78,5%).

Quadro 36 – Medições do nível de ruído por departamento

DEPARTAMENTOS	NIVEL SONORO db (A)
1. Área de Sierras	104-107
2. Barandas	87-101
3. VMQ (Marquesinas)	87-98
4. VTA (Tablillas)	87-97
5. Accesorios	86-97
6. Mantenimiento	92
7. Dpto. Técnico	89
8. Puerta	85-89
9. Recepción	86
10. Oficinas	85
11. Almacén de Ferretería	85
12. Planta de Anodizado	83
13. Cocina-Comedor	83
14. Estibadores	-

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

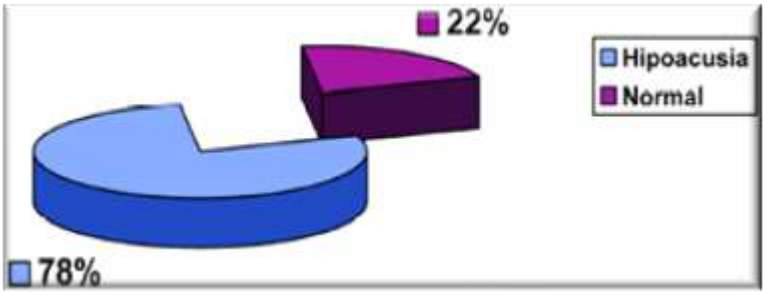


Figura 174 – Distribuição da amostra segundo os resultados do audiograma

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

No Quadro 37, vê-se que os departamentos “Puerta” e “Mantenimiento” registaram a maior percentagem de trabalhadores afetados. Deve notar-se que a “Planta de Anodizado”, apesar de ter níveis permissíveis de 83 dB(A), apresentou 9.2% de trabalhadores com alterações auditivas. Isto corresponde, como em outros departamentos, a que em anos anteriores os trabalhadores rodavam periodicamente pelos diferentes postos de trabalho na fábrica.

O Quadro 38 mostra que a faixa etária mais atingida foi a de 26-35 anos de idade, seguida em ordem de frequência os grupo de 36-45 e 46-55 anos, com igual número de afetados.

Quadro 37 - Resultados do audiograma por departamento

DEPARTAMENTOS	RESULTADOS AUDIOGRAMA				TOTAL	
	NORMAL		HIPOACUSIA			
	#	%	#	%	#	%
Área de Sierras	-	-	2	2.0	2	2.0
Barandas	3	3.1	4	4.1	7	7.2
VMQ	-	-	7	7.1	7	7.1
VTA	-	-	7	7.1	7	7.1
Accesorios	2	2.0	5	5.1	7	7.1
Mantenimiento	1	1.1	9	9.2	10	10.3
Dpto. Técnico	-	-	3	3.1	3	3.1
Puerta	-	-	13	13.3	13	13.3
Recepción	-	-	3	3.1	3	3.1
Oficinas	5	5.1	7	7.1	12	12.2
Almacén de Ferretería	-	-	2	2.0	2	2.0
Planta de Anodizado	2	2.0	9	9.2	11	11.2
Cocina-Comedor	2	2.0	4	4.1	6	6.1
Estibadores	6	6.2	2	2.0	8	8.2
TOTAL	21	21.5	77	78.5	98	100.0

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

Quadro 38 - Resultados do audiograma por grupos de idades

GRUPOS DE EDADES	RESULTADOS AUDIOGRAMA				TOTAL	
	NORMAL		HIPOACUSIA			
	#	%	#	%	#	%
25 años o menos	3	3.1	4	4.1	7	7.2
26-35 años	12	12.2	27	27.6	39	39.8
36-45 años	3	3.1	19	19.3	22	22.4
46-55 años	3	3.1	19	19.3	22	22.4
56 años o más	-	-	8	8.2	8	8.2
TOTAL	21	21.5	77	78.5	98	100.0

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

Destaca-se o grupo dos maiores de 56 anos, onde todos os trabalhadores estão afetados pelo ruído. No Quadro 39 verifica-se que o declínio da capacidade auditiva relacionada com o sexo foi maior nas mulheres (45,9%) do que nos homens (32,7%).

Quadro 39 - Resultados do audiograma por sexos

SEXO	RESULTADOS AUDIOGRAMA				TOTAL	
	NORMAL		HIPOACUSIA			
	#	%	#	%	#	%
MASCULINO	12	12.2	32	32.7	44	44.9
FEMENINO	9	9.2	45	45.9	54	55.1
TOTAL	21	21.4	77	78.6	98	100.0

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

O Quadro 40 foi elaborado relacionando os resultados do audiograma com o tempo de exposição ao ruído, verificando-se que os trabalhadores mais afetados tinham um tempo de exposição entre 6 e 10 anos (23,5%), seguidos em ordem de frequência os expostos entre 16 e 20 anos (18,4%), o que corresponde com os dados disponíveis na literatura universal.

Quadro 40 - Resultados do audiograma por tempo de exposição

TIEMPO DE EXPOSICION	RESULTADOS AUDIOGRAMA				TOTAL	
	NORMAL		HIPOACUSIA			
	#	%	#	%	#	%
MENOS 1 AÑO	4	4.1	-	-	4	4.1
1-5 AÑOS	12	12.2	15	15.3	27	27.5
6-10 AÑOS	4	4.1	23	23.5	27	27.5
11-15 AÑOS	-	-	9	9.1	9	9.1
16-20 AÑOS	-	-	18	18.4	18	18.4
21-30 AÑOS	1	1.0	8	8.2	9	9.2
31 AÑOS o MAS	-	-	4	4.1	4	4.1
TOTAL	21	21.4	77	78.6	98	100.0

(Fonte: *Adel Díaz*, 2007)

O gráfico da Figura 175 mostra a distribuição da amostra de acordo com o diagnóstico, onde se observa que do total afetado, 9,5% foi considerado doença do trabalho, devido à exposição desnecessária ao ruído nos seus postos de trabalho, com 90,5% diagnosticado como doença profissional.

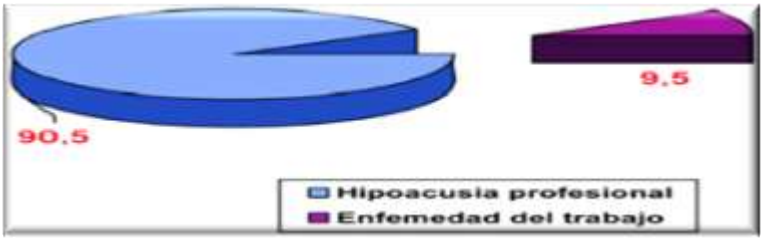


Figura 175 – Distribuição da amostra segundo o diagnóstico

(Fonte: Adel Díaz, 2007)

O ruído industrial constitui um poluente de grande interesse que pode influenciar negativamente sobre a saúde dos trabalhadores expostos, pelo que muitos especialistas têm dedicado o seu tempo ao estudo dos danos auditivos condicionados pela exposição a ambientes ruidosos durante muitos anos sem uso apropriado dos meios de proteção.

López González(119), na sua investigação com jovens trabalhadores de uma indústria têxtil em Cuba, descobriu que os trabalhadores que usavam meios de proteção auditiva foram menos afetados do que os outros, influenciando também o tempo de uso de mesmos(120).

Outro trabalho revisto sobre equipamentos de proteção individual sugere que simplesmente removê-los por 5 minutos no ambiente ruidoso do dia de trabalho faz com que a sua eficácia se dilua e desapareça. Daí, a grande importância do uso de meios de proteção auditiva para evitar danos na saúde dos trabalhadores(121).

Espinosa Lozano e os seus colaboradores(122), obtiveram uma grande incidência de perda auditiva ocupacional como resultado do ambiente de trabalho ruidoso.

López Muñoz(123), no seu estudo sobre a luta contra o ruído no local de trabalho, sugere que os fabricantes percebam que a redução do nível de ruído emitido pelas suas máquinas aumentará as suas vendas e, assim, causará menos problemas de saúde para o homem.

Tosal Suárez e os seus colaboradores(121), efetuaram medições dos níveis de ruído em 1277 tarefas numa indústria espanhola de serração e preparação de madeira, descobrindo que o nível predominante também foi superior a 90 dB(A) afetando 49,27% dos trabalhadores, comprovando ainda que não existiam cabinas de isolamento para as máquinas de corte e instalações auxiliares, onde os níveis de ruído ultrapassam 90 dB(A).

Sánchez Ferrero(122), num estudo sobre 150 pacientes, escolhidos aleatoriamente na indústria *Puertollano*, encontrou um nível de ruído superior a 100 dB(A) numa jornada de trabalho, causando efeitos negativos sobre a saúde dos expostos ao risco.

Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, como *Talbott* e colaboradores(124), *Tosal Suárez*(121) e *Monasterio Acha*(125). Este último realizou um estudo sobre 746 pacientes que trabalhavam nos estaleiros da *Nervión S.A.*, constatando que 65,9% apresentavam perda de audição em maior ou menor grau, mas apenas 1,33% foi considerado como doença profissional(126)(127)(128)(129)(130).

Talbott e os seus colaboradores(124), num estudo sobre 245 trabalhadores aposentados com idade entre 56 e 68 anos, encontraram através dos testes audiométricos valores indicativos de danos graves na audição de 67% dos mais idosos (idades 64-68 anos).

Outros trabalhos realizados coincidem com os resultados do presente estudo, uma vez que a perda auditiva ocupacional manifestar-se-á com maior frequência nos ouvidos dos mais idosos do que nos ouvidos dos mais jovens(131)(132).

Calviño del Río e os seus colaboradores(128), concluíram que as mulheres eram menos sensíveis às quedas do limiar de audibilidade, o que difere dos resultados deste estudo.

Outros autores dizem que é muito importante considerar também o sexo, uma vez que, para a mesma idade, a capacidade auditiva das mulheres é mais fraca e vulnerável do que a dos homens, coincidindo com as conclusões do presente trabalho(127)(131).

Na Enciclopédia de "*Medicina y Seguridad del Trabajo*", aparece refletido que a exposição intermitente tende a reduzir os efeitos negativos do ruído perigoso. No entanto, quanto maior o tempo de exposição maior é risco(133).

López González(119), num estudo sobre 88 trabalhadores da indústria têxtil, com mais de oito meses vinculados ao trabalho, concluiu que a poluição acústica existente havia incidido negativamente na saúde do pessoal exposto causando alterações auditivas.

Clemente Ibanez(134) sugeriu que o efeito nocivo do ruído é proporcional à exposição.

Calviño del Río e os seus colaboradores(128), comprovaram a ligação direta entre níveis elevados de ruído e os anos de exposição, com a incidência de perda auditiva ocupacional.

Cerrada Delgado(132), num estudo sobre 120 trabalhadores, com menos de 50 anos, de idade de um estaleiro, encontrou uma percentagem elevada de perda auditiva relacionada com os postos de trabalho mais ruidosos da oficina, demonstrando haver uma relação direta com os anos de exposição ao ruído industrial.

A surdez ocupacional, como resultado da exposição prolongada ao excessivo ruído industrial, é uma doença que tem sido objeto de estudado por muitos dos trabalhos aqui revisados, coincidindo bastante com os resultados do presente estudo(121)(125)(135).

2.2.3 Ruído ocupacional em ambiente industrial

Este estudo(10) teve como objetivo estudar a perda auditiva em trabalhadores expostos a ruído ocupacional excessivo e verificar a existência de uma correlação entre essa perda, a idade e a exposição (tempo e nível sonoro), numa população de 63 trabalhadores, de uma empresa industrial, potencialmente expostos a níveis sonoros superiores a 85 dB(A).

Numa primeira fase procurou-se conhecer a história da instalação fabril, os produtos e as etapas do processo produtivo, procurando identificar, as zonas onde se registam níveis de pressão sonora mais elevados.

Obtiveram-se dados relativos à organização e estrutura dos diferentes departamentos, e as características do corpo social da empresa (nomeadamente idade e ano de entrada na empresa). A informação foi recolhida seguindo 3 vias:

1. Consulta e análise dos estudos gerais do ruído realizados na fábrica, tendo-se obtido o nível sonoro histórico de exposição individual ($L_{Ex,8h}$) por trabalhador da organização e uma caracterização do ruído em cada setor de produção. A partir desta informação selecionaram-se os trabalhadores a estudar. Foram selecionados 2 grupos de trabalhadores: um grupo exposto a $L_{Ex,8h} \geq 85$ dB(A) e um segundo grupo exposto a níveis significativamente mais reduzidos (grupo de controlo).
2. Consulta e análise do histórico dos exames audiométricos realizados pela empresa – informação indispensável para o cálculo das perdas auditivas.
3. Realização de inquéritos aos trabalhadores em estudo, procurando conhecer o histórico clínico, profissional e pessoal com interesse e relevância para o efeito.

Por consulta dos estudos gerais do ruído e visita às instalações, constatou-se que o processo fabril é gerador de níveis de pressão sonora bastante elevados, registando-se com frequência valores próximos dos 100 dB(A), nas imediações de equipamentos como motores, bombas, ventiladores, etc.A zona de geração de ruído mais elevado tem a ver com a preparação de madeiras, devido aos descascadores, trituradores e crivos.

O período de tempo considerado neste estudo foi variável para cada trabalhador, sendo função do ano de entrada na empresa e do ano no qual se realiza o exame audiométrico. Por exemplo, para um trabalho que tenha entrado na empresa em 1980 e para o qual se tenha realizado uma audiometria no ano de 2004, o tempo de exposição considerado seria de 24 anos. À semelhança do tempo de exposição ao ruído ocupacional, o valor da idade considerado neste estudo corresponde à diferença entre o ano no qual realizou a audiometria e o ano de nascimento. Por exemplo, para um trabalhador que tenha nascido em 1955 e realizado uma audiometria em 2004, a idade considerada foi de 49 anos.

Os estudos gerais do ruído, da responsabilidade do departamento de SHT da fábrica, utilizados neste estudo, foram realizados nos anos 1995, 2002 e 2004, sendo a base para o cálculo da exposição individual diária dos trabalhadores ao ruído. Atendendo ao carácter pontual das medições, existiu a necessidade de estimar os valores anteriores e posteriores ao período das medições, resultando num valor único e global.

Considerando o ano no qual se realiza o exame audiométrico (AEA), o critério definido para a estimativa da exposição individual diária, denominado Critério AEA implicou que, se:

- ✓ AEA < 2002, então $L_{Ex,8hi}$ = valor determinado em 1995;
- ✓ 2002 < AEA < 2004, então $L_{Ex,8hi}$ = valor determinado em 2002;
- ✓ AEA > 2004, então $L_{Ex,8hi}$ = valor determinado em 2004.

O valor global da exposição individual diária ao ruído, que serviu de referência ao longo do estudo, foi calculado a partir da Equação [22].

$$L_{EX,8h} = 10.\log\left(\frac{1}{T}.\sum_{1}^{n} t_i.10^{0,1.L_{Ex,8h_i}}\right) \quad [22]$$

Onde,

T – tempo total de exposição

t_i – tempo total de exposição parcial, ao qual corresponde $L_{Ex,8hi}$

$L_{Ex,8hi}$ – valor da exposição individual diária durante o período de tempo t_i, Critério AEA

No Quadro 41 exemplifica-se o cálculo de $L_{Ex,8h}$ para diferentes trabalhadores e cenários.

Quadro 41 - Exemplo do cálculo de $L_{Ex,8h}$ considerando diversos cenários

Ano de entrada na empresa	Ano de realização da audiometria	Tempo de exposição (anos)	$L_{EX,8hi}$ dB(A)			$L_{EX,8h}$ dB(A)
			1995	2002	2004	
1973	1995	22	92,7	93,4	91,2	92,7
1972	2007	35	92,4	88,3	86,2	91,9
2002	2009	7	-	94,8	93,7	94,0
Exemplo de cálculo						
$L_{EX,8h} = 10.\log\left(\frac{1}{22}.22.10^{0,1.92,7}\right) = 92,7$						
$L_{EX,8h} = 10.\log\left[\frac{1}{35}.(30.10^{0,1.92,4} + 2.10^{0,1.88,3} + 3.10^{0,1.86,2})\right] = 91,9$						
$L_{EX,8h} = 10.\log\left[\frac{1}{7}.(2.10^{0,1.94,8} + 5.10^{0,1.93,7})\right] = 94,0$						

(Fonte: António Mendes, 2011)

Dos audiogramas, obteve-se a informação dos limiares tonais para as frequências de 500, 1000, 2000, 4000 e 6000 Hz. Utilizou-se o critério do "*BIAP*"[55] para calcular as perdas auditivas, uma vez que para além da quantificação da perda, permite uma classificação da mesma, tornando mais intuitiva a sua interpretação. Por outro lado, o facto de se considerar a perda em ambos os ouvidos, reflete com maior rigor a influência da perda auditiva na capacidade real de perceção dos sons, comparando com a possibilidade de se considerar apenas a perda no "melhor ouvido".

[55] O Critério do *BIAP – Bureau International d"AudioPhonologie* – calcula as perdas auditivas através da média dos limiares tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda ser

O critério do "*BIAP*" calcula as perdas auditivas através da média dos limiares tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda ser assimétrica, ponderou-se a perda auditiva nos 2 ouvidos, utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o pior, dividindo-se a soma por 10. A recolha dos dados no terreno seguiu a seguinte ordem de exclusão de trabalhadores:

a) Ano de nascimento e ano de entrada na empresa (no caso de não existência, o indivíduo não foi considerado);

b) Estudos gerais do ruído para 2002 (se $L_{Ex,8h}$ 2002 ≥ 85 dB(A) então foi aceite, caso contrário não foi considerado);

c) Estudos gerais do ruído para 1995 e 2004 (se o trabalhador entrou antes de 1995 e $L_{Ex,8h}$ 1995 não existe, então este trabalhador foi considerado);

d) Disponibilidade e acessibilidade dos audiogramas (no caso de não estarem disponíveis, então o trabalhadores não foi considerado);

e) Preenchimento dos inquéritos (no caso não se lograr o preenchimento daquele, então o indivíduo não foi considerado).

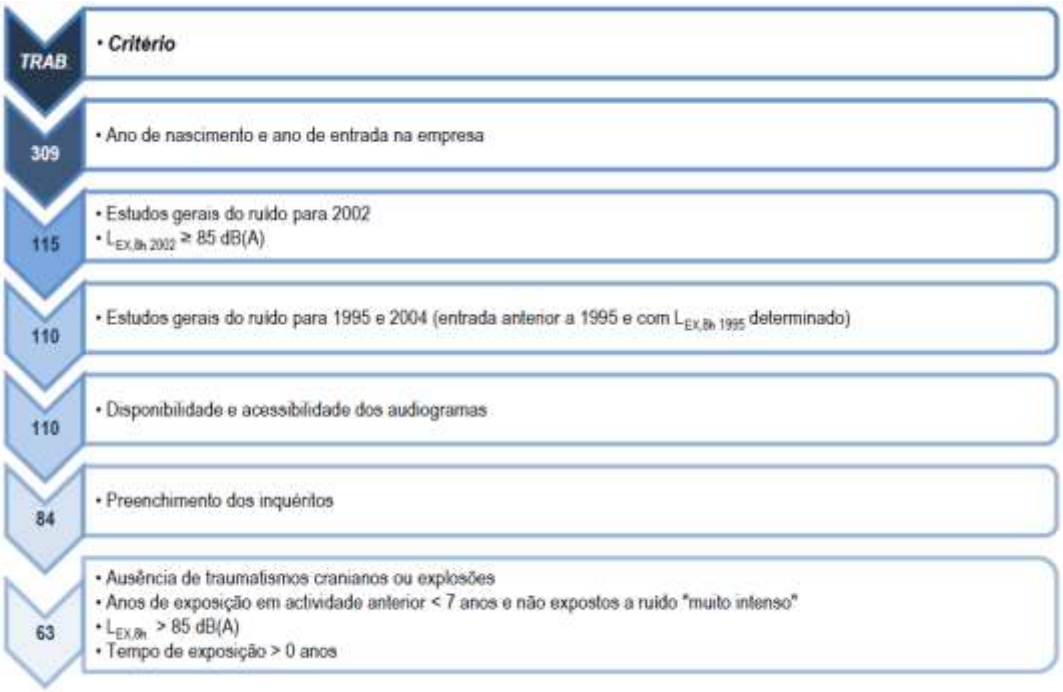


Figura 176 – Evolução do número de trabalhadores a considerar, após a aplicação dos critérios

(Fonte: António Mendes, 2011)

---

assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o ouvido pior, dividindo-se a soma por 10. O resultado obtido é arredondado por excesso. Este critério permite ainda classificar as deficiências auditivas em 6 estados: Normal - Perda auditiva inferior a 20 dB, corresponde a uma perda ligeira sem incidência social; Ligeira - Perda auditiva compreendida entre 21 e 40 dB, onde uma conversa em tom normal é compreendida, contudo existem dificuldades se for realizada em voz baixa ou afastada; Moderada - Entre 41 e 70 dB, onde o discurso é entendido quando se eleva o tom de voz e o indivíduo compreende melhor a mensagem se poder observar o interlocutor; Severa - De 71 e 100 dB, onde o discurso é entendido quando o tom de voz é forte e próximo da orelha; Profunda - Entre 100 e 119 dB, onde o indivíduo é incapaz de perceber a palavra, sendo apenas ruídos muito potentes. Total - Perda média superior a 120 dB, para nenhuma perceção do ruído.

A Figura 176 apresenta a evolução do número de trabalhadores a considerar no estudo após a aplicação dos critérios acima detalhados. Após a aplicação dos critérios, foi então considerada uma amostra de **63** trabalhadores potencialmente expostos a um $L_{Ex,8h}$ **superior** a 85 dB(A). O grupo de controlo foi constituído por **13** trabalhadores, potencialmente expostos a um $L_{Ex,8h}$ **inferiores** a 70 dB(A).

No Quadro 42 apresentam-se dados das amostras estudadas. A idade e antiguidade não foram calculadas tendo em conta o ano 2011, mas sim as condicionantes apresentadas quanto ao "tempo de exposição ao ruído ocupacional" e à "idade do trabalhador".

Quadro 42 - Caracterização da amostra em estudo

Amostra	Nº de trabalhadores considerados	Sexo				Idade (Anos)		Antiguidade (Anos)	
		M	%	F	%	Média	dp	Média	dp
Estudo	63	62	98,6	1	1,6	43,3	10,0	20,3	11,1
Controlo	13	4	30,8	9	69,2	52,2	4,3	30,2	6,0

(Fonte: António Mendes, 2011)

Da análise do Quadro 42, é possível constatar que a quase totalidade dos trabalhadores em estudo é do sexo masculino, a idade média ronda os 43,3 anos, sendo o período de permanência na empresa elevado (valor médio de 20,3 anos).

O grupo de controlo é mais reduzido, apresentando uma média de idades e de antiguidade superior, existindo uma prevalência de indivíduos do sexo feminino.

Análise das Respostas aos Inquéritos para uma Exposição a $L_{Ex,8h} \geq$ 85 dB(A):

A inquirição dos trabalhadores teve como objetivo a caracterização do posto de trabalho, a história de exposição ao ruído de âmbito ocupacional e não ocupacional, a existência de características pessoais, familiares ou de eventos clínicos associados a perdas auditivas, dos hábitos de utilização de proteção auditiva e da perceção individual do estado auditivo.

Escolaridade:

No Quadro 43, verifica-se que um número significativo de indivíduos prosseguiu os seus estudos para além do ensino básico (aproximadamente 75%).

Quadro 43 - Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo

Amostra	Até ao 4º ano	Do 4º ano ao 9º ano	Do 9º ano ao 12º ano	Superior ao 12º ano
N	8	8	35	12
%	12,7	12,7	55,6	19,0

(Fonte: António Mendes, 2011)

Histórico de exposição ao ruído profissional:

No Quadro 44 é possível verificar-se que 57% dos trabalhadores considerados exerceram funções noutras empresas, antes de ingressarem na fábrica. Tal como estabelecido nos critérios de aceitação dos dados, o período máximo de exposição terá sido de 7 anos.

Quadro 44 - Histórico de exposição ao ruído - âmbito ocupacional

Actividade anterior	Pouco intensa		Intensa		Total	
	N	%	N	%	N	%
Actividade 1	22	34,5	14	22,2	36	57,1
Actividade 2	2	3,2	6	9,5	8	12,7

(Fonte: António Mendes, 2011)

Histórico de exposição ao ruído não profissional:

A análise do Quadro 45 permite verificar o elevado número de trabalhadores que recorrem a ferramentas domésticas para a realização de atividades não ocupacionais (36,5%). A questão que surge, é saber de que forma essa exposição pode ou não ter afetado o aparelho auditivo do individuo, uma vez que a simples "indicação do uso" não permite saber a frequência, tipo de ferramentas, duração da exposição e mesmo utilização ou não de EPI.

Um significativo número de trabalhadores esteve a cumprir serviço militar (49,2%), pelo que se pode assumir que a prática de tiro foi uma realidade, contudo, são desconhecidas as condições em que tal prática foi realizada.

Considerando estes dois aspetos, e no sentido de manter o tamanho da amostra em torno de um valor minimamente aceitável (uma vez que se retirassem todas as respostas a amostra ficaria apenas com 13 trabalhadores), a exposição não profissional (à exceção das explosões e dos rebentamentos), foi apenas considerada quando se detetaram perdas auditivas suspeitas nos audiogramas, isto é, com um valor demasiado elevado ou com uma diferença acentuada nas perdas entre ouvidos.

Quadro 45 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividades não ocupacionais

Actividade / Origem do ruido	N	%
Prestação de serviço militar	31	49,2
Envolvimento em cenários de guerra	3	4,8
Prática de caça ou tiro	1	1,6
Prática de automobilismo, motociclismo ou outros desportos motorizados	2	3,2
Utilização de ferramentas ruidosas (berbequins, fresas, martelos, etc.), por exemplo numa oficina doméstica	23	36,5
Actividades ou visita frequente de discotecas ou espectáculos musicais	9	14,3

(Fonte: António Mendes, 2011)

Antecedentes familiares e pessoais:

Através do Quadro 46, constata-se o elevado índice de tabagismo entre os trabalhadores (44,4%) bem como a existência no passado de algumas doenças infeciosas e de problemas nos ouvidos. De igual forma que para a exposição a ruídos não ocupacionais, estes aspetos (à exceção dos traumatismos cranianos) foram considerados apenas quando se detetaram perdas auditivas nos audiogramas consideradas suspeitas, isto é, com um valor demasiado elevado ou com uma diferença acentuada nas perdas entre ouvidos.

Quadro 46 - Antecedentes familiares e pessoais

Antecedentes		
Familiares	**N**	**%**
Familiares com surdez	12	19,0
Pessoais	**N**	**%**
Tabagismo	28	44,4
Diabetes	6	9,5
Problema nos ouvidos - (*otites, rompimentos dos tímpanos, intervenções cirúrgicas, etc.*)	12	19,0
Doenças infecciosas (*rubéola, meningite, sarampo, febre tifóide, sífilis, etc.*)	16	25,4
Tratamentos com medicamentos potencialmente ototóxicos, contendo *quinino, salicilatos, gentamicina, cenamicina*, etc.	3	4,8
Exposição profissional a substâncias ototóxicas	**N**	**%**
Trabalhos com chumbo, benzeno, tolueno, mercúrio ou monóxido de carbono	4	6,3

(Fonte: António Mendes, 2011)

Utilização de proteção auditiva e perceção individual do estado auditivo:

No Quadro 47 apresentam-se os hábitos de utilização de proteção auditiva dos trabalhadores bem como a perceção individual do estado auditivo.

Quadro 47 - Utilização de proteção auditiva e perceção individual do estado auditivo

Protecção auditiva				
	Sempre / Frequentemente		Às vezes / Nunca	
	N	%	N	%
Utilização da protecção auditiva	39	61,9	24	38,1
	Tampões		Abafadores	
	N		N	
Tipo de protector auditivo utilizado	53		14	
Percepção individual do estado auditivo				
	N		%	
Ouve bem	53		84,1	
Sente zumbidos (acufenos ou *tinitus*) nos ouvidos	16		25,4	

(Fonte: António Mendes, 2011)

Constata-se que mais de 60% dos trabalhadores utilizam proteção auditiva "Sempre/Frequentemente", o que poderia indicar que cerca de 40% dos trabalhadores, expostos a um $L_{EX8,h}$, não estaria convenientemente protegido.

Convém contudo ser cauteloso nesta abordagem, sobretudo porque respostas do tipo "às vezes" podem querer indicar a não utilização dos EPI durante toda a jornada laboral (precisamente aqueles períodos nas quais o trabalhador não estará exposto a níveis sonoros excessivos), e não um comportamento inconstante na utilização, face a uma exposição constante.

Daí que a pergunta mais correta seria: "*Quando se encontra exposto a ruído elevado (níveis sonoros elevados), utiliza proteção auditiva?*".

Há ainda a ressalvar que as respostas foram dadas para a situação ao momento, não podendo ser extrapoladas para o passado, uma vez que 15 ou 20 anos antes, esta mesma pergunta poderia ter uma resposta totalmente oposta.

De referir que o tipo de protetor auditivo mais usado foram os tampões, havendo ainda trabalhadores que indicaram o uso de ambos. Novamente, no questionário deveriam estar disponíveis duas valências mais, indicando "ambos; outro tipo". Importa ainda notar que cerca de 85% dos trabalhadores afirmaram ouvir bem, enquanto cerca de 25% indicaram notar zumbidos nos ouvidos.

Estudo Retrospetivo das Perdas Auditivas:

Trabalhadores expostos a um $L_{Ex,8h} \geq 85$ dB(A):

Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro 48 e na Figura 177, sendo possível observar que 72% dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada "normal", 22% uma perda "ligeira", sendo que para 6% dos trabalhadores o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz, compreendendo estes melhor a mensagem se puderem observar o interlocutor.

De referir que este grau de perda "moderado" ainda está no início deste grupo de classificação (iniciada nos 41 dB), uma vez que a perda máxima calculada foi de 47 dB. Nenhum trabalhador se encontrava em situação de perda "severa" (acima de 71 dB) ou num grau de perda superior (profunda ou total).

Quadro 48 - Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas auditivas dos trabalhadores expostos a um $L_{Ex,8h} \geq 85$ dB(A)

	Valor médio	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
$L_{EX,8h}$ (dB)	92,4	3,2	100,0	85,0
Tempo de exposição ao ruído (Anos)	20,3	11,1	36,0	3,0
Idade (Anos)	43,3	10,0	61	28
Perda auditiva (dB)	17,5	9,9	47	6

(Fonte: António Mendes, 2011)

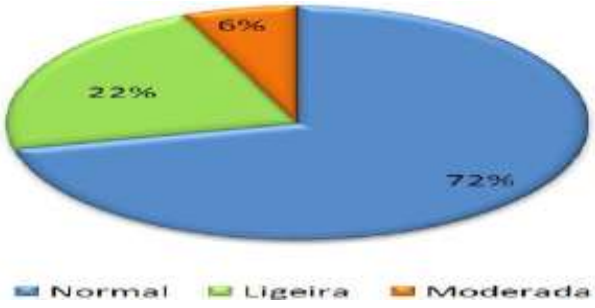


Figura 177 – Distribuição da classificação da perda auditiva dos trabalhadores expostos a um $L_{Ex,8h} \geq 85$ dB(A), segundo o critério "*BIAP*"

(Fonte: António Mendes, 2011)

A relação dos trabalhadores com "perdas ligeiras" e "moderadas" vê-se no Quadro 49.

Quadro 49 - Trabalhadores expostos a $L_{Ex,8h}$ ≥ 85 dB(A) com perdas auditivas "ligeiras" e "moderadas"

Nº Trabalhador	Idade (Anos)	Tempo de exposição (Anos)	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	Perda média (dB)	Classificação	Resposta NÃO à pergunta "ouve bem?"
12 [a]	58	33	85,6	47	Moderada	x
53 [b]	28	3	85,9	21	Ligeira	
30	47	21	90,8	21	Ligeira	
6	54	35	91,9	41	Moderada	x
9	56	35	91,9	40	Ligeira	x
14	57	32	92,2	22	Ligeira	
54 [c]	34	7	92,3	24	Ligeira	
10	53	36	92,4	32	Ligeira	
4	60	35	92,7	42	Moderada	
3	50	33	93	22	Ligeira	
28	39	18	94	21	Ligeira	x
51 [d]	30	4	94,1	21	Ligeira	
32	39	14	94,3	22	Ligeira	x
13	44	26	94,6	32	Ligeira	
18	55	27	95,9	21	Ligeira	
5	53	36	98,2	34	Ligeira	x
7	54	35	98,8	44	Moderada	
20	49	34	100	28	Ligeira	

(a) Doenças otológicas
(b) Doenças otológicas + doenças infecciosas
(c) Ferramentas ruidosas + doenças otológicas
(d) Nenhum antecedente apresentado

(Fonte: António Mendes, 2011)

Observa-se que o trabalhador n.º 12 é aquele que possui uma perda média mais elevada, sendo ainda de destacar os trabalhadores n.ºs 53, 54 e 51, por apresentarem perdas elevadas apesar de, comparativamente, terem tempos de exposição mais baixos. Se nos 2 primeiros casos são referidas doenças otológicas e a utilização de ferramentas ruidosas, para o trabalhador n.º 51 não foi apontado qualquer antecedente.

Evidencia-se assim a necessidade de se conhecer em detalhe o histórico e os antecedentes desta população porque, por exemplo, a indicação de ter sofrido doenças otológicas, sem referir em concreto qual, não permite tirar ilações claras, porque os efeitos de uma otite, ao nível da audição, podem ser diferentes dos de um rompimento do tímpano.

O ideal seria eliminar estes casos duvidosos; contudo, para o este estudo, o tamanho da amostra condiciona esta prática. Importa observar a situação dos trabalhadores n.ºs 6, 9, 14, uma vez que possuem idade, tempo de exposição e $L_{Ex,8h}$ semelhantes, variando contudo o valor das perdas auditivas, podendo esta situação revelar 3 situações de difícil equação:

- ✓ a utilização efetiva de proteção auditiva ao longo dos anos de exposição: o facto de se afirmar, no presente, que a mesma é utilizada, não implica que no passado se tenha trabalhado de forma desprotegida, alterando desta forma o $L_{Ex,8h}$ real dos trabalhadores (ainda que seja expectável que no passado, os trabalhadores mais antigos não tivessem tanto cuidado com o correto uso dos EPI's, não sendo ainda de descuidar a eventual não disponibilidade da mesma);
- ✓ as perdas por presbiacusia: eventualmente o trabalhador n.º 14 poderá não ter perdas tão significativas como os restantes;

- ✓ a relevância e importância que deve ser dada aos inquéritos (destes 3 trabalhadores, apenas o n.º 6 indica a utilização frequente de ferramentas ruidosas em atividades não ocupacionais – atendendo aos resultados, não será de todo incorreto considerar que o mesmo poderia ocorrer com o trabalhador 9 e este poder não o ter indicado).

Sobressai novamente a necessidade de focalizar este tipo de estudos em populações exaustivamente caracterizadas e com tamanhos de amostra elevados, para que se possa encontrar um padrão consistente em critérios abrangentes e válidos. De notar a evidência da subjetividade da resposta "ouve bem", uma vez que apenas 6 trabalhadores com perdas "ligeiras" ou "moderadas" indicam a perceção de limitações ao nível da audição, sendo que 5 indivíduos com classificação "normal" também mencionam este problema. Por último, observando a perda auditiva média por banda de frequência, gráfico da Figura 178, verifica-se que esta é mais significativa para os 4000 Hz e 6000 Hz (escotoma característico do ruído industrial), registando-se também aqui os valores mais elevados de desvio padrão.

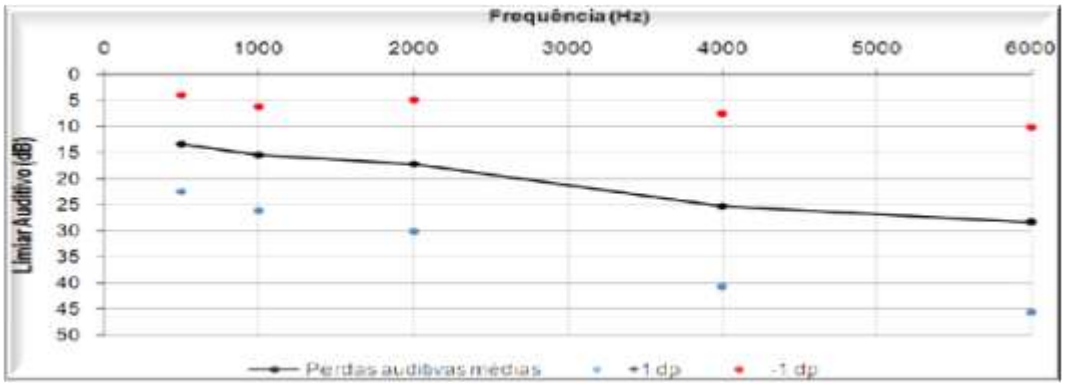


Figura 178 – Perdas auditivas médias da população em estudo

(Fonte: António Mendes, 2011)

Trabalhadores expostos a um $L_{Ex,8h} \leq 70$ dB(A):

Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro 50.

Quadro 50 - Resumo das variáveis e do cálculo das perdas auditivas na amostra

	Valor médio	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
$L_{Ex,8h}$ (dB)	60,1	3,6	67,2	55,9
Tempo de exposição ao ruído (Anos)	30,2	6,0	36,0	20,0
Idade (Anos)	52,2	4,3	58,0	44,0
Perda auditiva (dB)	15,2	5,4	25,0	7,0

(Fonte: António Mendes, 2011)

Constata-se que, por estarem expostos a $L_{Ex,8h}$ significativamente inferiores a 85 dB(A) (apesar de tempos de exposição superiores), as perdas auditivas registadas são invariavelmente menores (valor médio de 15,2 – classificado como "normal"), sendo o valor máximo também bastante inferior. Comparando os 2 grupos, fica acentuada a influência negativa da exposição ao ruído sobre a função auditiva. Apenas 2 trabalhadores (n.ºs 3 e 13) apresentam perdas "ligeiras". Por outro lado, os seus inquéritos indiciaram ser possível a perda ter influência de fatores não ocupacionais (uso de ferramentas ruidosas).

Contudo, este aspeto aparenta não ter influência na perda dos trabalhadores n.ºs 11 e 12, uma vez que são aqueles que aparentam valores de perda auditiva mais reduzidos (apesar de indicarem a utilização desse tipo de ferramentas). Por último, é interessante verificar ainda que as perdas a 4000 Hz são superiores no grupo exposto a um $L_{Ex,8h}$ superior a 85 dB(A) – valor médio de 24,1 dB, sendo para o grupo de controlo cerca de 20,0 dB.

Correlação matemática entre a variável dependente "perda auditiva" e as variáveis independentes "nível sonoro", "tempo de exposição" e "idade":

Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro 51 e na Figura 179. Com base nos dados obtidos, testou-se uma regressão multivariável, determinando os coeficientes de regressão, bem como os respetivos coeficientes de correlação, Quadro 51. Testou-se ainda a linearização (logaritmização) das variáveis, não se obtendo vantagens comparativas ao modelo inicialmente testado.

Quadro 51 - Resumo dos valores para uma regressão tetradimensional entre as perdas auditivas [*PA*] e as variáveis independentes [$L_{Ex,8h}$, tempo de exposição (*T*) e idade (*i*)]

	a	b	c	d
Parâmetros do modelo de regressão	26,18	-0,12	0,62	-0,18
Coeficiente de correlação de Pearson (r)	0,54			
Coeficiente de determinação (r^2)	0,29			
Erro padrão da estimativa	8,32			
Modelo de Regressão	$PA = 26,18 - 0,12 \cdot i + 0,62 \cdot T - 0,18 \cdot L_{EX,8h}$			

(Fonte: António Mendes, 2011)

O coeficiente de correlação de *Pearson*[56] obtido indica que existe uma correlação positiva moderada ($0,30 < \rho < 0,70$) entre a variável dependente e as variáveis independentes, sendo que 29% dos dados se ajustam ao modelo de regressão calculado. Esta qualidade mediana do ajuste é observável na Figura 179, na qual estão representadas as diferenças entre o valor real das perdas auditivas e o valor estimado.

O resultado obtido deve ser, contudo, encarado de forma pragmática e crítica, sobretudo porque, atendendo à expressão obtida, as perdas auditivas estariam principalmente associadas ao tempo de exposição, sendo que quando se aumentasse $L_{Ex,8h}$ e/ou a idade, a perda diminuiria, o que notoriamente contraria o pressuposto dos efeitos negativos da idade e da exposição ao ruído ocupacional, sobre a capacidade auditiva. Esta situação pode ser explicada pelo facto de que, na amostra em estudo, a idade e o tempo de exposição estarem fortemente correlacionados (para que o modelo fosse correto, estas deveriam ser independentes), influenciando negativamente os resultados.

[56] Em estatística descritiva, o coeficiente de correlação de *Pearson*, também chamado de "coeficiente de correlação produto-momento" ou simplesmente de "ρ de *Pearson*" mede o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica (intervalar ou de rácio/razão). Este coeficiente, normalmente representado por ρ assume apenas valores entre -1 e 1. ρ = 1 significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis. ρ = -1 significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui. ρ = 0 significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. No entanto, pode existir uma dependência não linear. Assim, o resultado $\rho = 0$ deve ser investigado por outros meios.

Figura 179 – Perda auditiva real dos trabalhadores e perda estimada pelo modelo de regressão

(Fonte: António Mendes, 2011)

Novamente ressalva-se que, na prática, o valor das perdas não corresponde exatamente às originadas exclusivamente pelo tempo de exposição ao ruído ocupacional e pela idade. Isto porque alguns indivíduos, que indicaram fatores de ordem pessoal e de exposição ao ruído não ocupacional com potencial de provocarem perdas auditivas, não foram retirados da amostra. Se estes fatores fossem retirados, restariam apenas 13 indivíduos para o estudo. Acentua-se desta forma, a necessidade de que, neste tipo de estudos, o tamanho da amostra populacional seja o mais alargado possível, para que se possam retirar todas as situações que suscitem dúvidas e assim se obtenham conclusões mais fiáveis e robustas.

As principais conclusões referem-se sobretudo à metodologia aplicada e à significativa incerteza associada aos dados utilizados, sendo de salientar a importância de uma amostra ampla e bem caracterizada, de forma a eliminar todas as situações que possam introduzir incerteza ao nível da interpretação dos resultados. Fatores como a determinação da exposição pessoal diária ao ruído e a eventual utilização de proteção auditiva, por parte dos trabalhadores, potenciam o enviesamento da influência real, da exposição ao ruído, sobre a perda auditiva. Do estudo retrospetivo das perdas auditivas, conclui-se que a maioria dos trabalhadores em estudo (72%) apresenta perdas auditivas classificadas como “normais”.

Comparativamente, registaram-se perdas auditivas médias superiores em trabalhadores expostos a um $L_{Ex,8h} \geq$ a 85 dB(A), quando comparados com trabalhadores expostos a um $L_{Ex,8h} <$ 70 dB(A). Apesar do valor médio das perdas auditivas de ambas as amostras ser próximo, os valores máximos de perda chegam a ser 50% superiores no caso de exposições mais elevadas. Verificam-se ainda perdas mais elevadas a 4000 Hz para o grupo exposto a um $L_{Ex,8h}$ superior a 85 dB(A). A perceção individual do estado auditivo, não pode ser diretamente relacionada com a classificação da perda auditiva, já que alguns indivíduos com uma perda classificada como “normal” indicaram que “não ouviam bem” e vice-versa.

O coeficiente de correlação de *Pearson*, obtido para a regressão entre a variável dependente “perdas auditivas” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade”, indica que existe uma correlação positiva moderada, entre a variável dependente e as variáveis independentes. O resultado obtido deve ser, contudo, encarado de forma pragmática e crítica, sobretudo porque, atendendo à expressão obtida, as perdas auditivas estariam principalmente associadas ao tempo de exposição, sendo que quando se aumentasse o $L_{Ex,8h}$ e/ou a idade, a perda diminuiria, o que notoriamente contraria o pressuposto dos efeitos negativos da idade e da exposição ao ruído ocupacional sobre a capacidade auditiva. Desta forma, conclui-se que a expressão deduzida é válida apenas para a amostra em estudo, não podendo ser extrapolada nem generalizada.

2.2.4 Zumbido no trabalhador exposto ao ruído

Este estudo(136) teve como objetivo verificar as características, prevalência e repercussão do zumbido em trabalhadores expostos ao ruído, estimando a sua ocorrência, relacionando-o com a exposição ao ruído e com a perda auditiva, avaliando a gravidade do zumbido na vida do trabalhador e identificando os fatores que melhoram ou pioram a perceção do zumbido. O estudo foi desenvolvido numa empresa do ramo alimentar num município do Rio Grande do Sul – Brasil, onde, num universo de 585 trabalhadores expostos a ruído: 372 homens e 213 mulheres, se contou com um lote de voluntários que indicavam zumbido (som nos ouvidos ou na cabeça, como chiado, apito, buzina, grilo, chuva, motor, entre outros).

Considerando que um zumbido espontâneo, com duração de poucos segundos ou minutos, é uma sensação praticamente universal(137), para este estudo o zumbido foi definido como a perceção de um som por mais de cinco minutos e há mais de seis meses(138). Os trabalhadores foram atendidos individualmente, pela pesquisadora, na própria empresa, durante o turno de trabalho. A empresa informou o número de trabalhadores e os níveis de pressão sonora de cada setor, de acordo com os registos do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). Foi realizada uma inspeção visual do meato acústico externo com uso de otoscópio, marca *HEINE*, modelo *Mini3000 Otoscope*, de fibra ótica.

Os trabalhadores com presença de cerume, ou corpo estranho que obstruísse a passagem do som, foram encaminhados ao médico otorrinolaringologista (ORL). Os trabalhadores com secreção no canal auditivo externo, com perfuração da membrana timpânica ou com dor, foram excluídos da pesquisa. Os trabalhadores responderam à entrevista abordando a história e caracterização do zumbido, os fatores de melhoria, de agravamento e preocupação com o zumbido e da interferência do zumbido em atividades diárias(139).

Foi realizada uma audiometria tonal em repouso auditivo de 14 horas, com um Audiómetro da *Interacoustics*, modelo *AD 229*, auscultadores *Telephonics TDH-39*, marca *Head-Fi*, coxim *Wilfan Electronics*, modelo *MX-41/AR*, calibrado conforme as normas internacionais *ISO 8253*[57]; em cabina audiométrica, marca *Acústica São Luiz*, modelo *CA 1130*. Foram avaliadas as frequências de 0,25 a 8 kHz, por via aérea. Ao ser encontrado um limiar superior a 25 dB, realizou-se também a pesquisa por via óssea, de 0,5 a 4 kHz.

Como este procedimento é feito rotineiramente na empresa, considerou-se a última audiometria de cada trabalhador, com data inferior a seis meses. Nos casos distintos, foi feita uma nova audiometria. As audiometrias classificaram-se pelo critério da Portaria n.º 19, do Ministério do Trabalho e do Emprego do Brasil[58]. Os casos cujos audiogramas apresentaram limiares auditivos menores ou iguais a 25 dB em todas as frequências, consideraram-se nos limites aceitáveis.

---

[57] *ISO 8253-Series – Audiometric Methods:*
ISO 8253-1 (2010). Acoustics - Audiometric test methods. Part 1 - Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry.
ISO 8253-2 (2009). Acoustics - Audiometric test methods. Part 2 - Sound field audiometry with pure tone and narrow band signals.
ISO 8253-3 (2012). Acoustics - Audiometric test methods. Part 3 - Speech audiometry.

[58] Brasil. Ministério do Trabalho. Portaria n.º 19 GM/SSSTb, de 9 de abril de 1998. Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília; 1998 Abr 22.

Os casos cujos audiogramas nas frequências de 3 e/ou 4 e/ou 6 kHz demonstraram limiares auditivos superiores a 25 dB, tanto no teste por via aérea como por via óssea, num ou em ambos os lados, foram considerados como sugestivos de PAIR. Como não sugestivos de PAIR, consideraram-se os casos que não se enquadravam nas descrições acima. Foi utilizado o questionário *Tinnitus Handicap Inventory (THI)*(140), traduzido e adaptado para a língua portuguesa(141).

O questionário era constituído por 25 perguntas, avaliando a componente funcional: "dificuldade de concentração ou leitura", "dificuldade social", "laboral" e "interferência na audição"; componente afetiva: "frustração", "ansiedade", "depressão" e componente catastrófica: "desespero" e "incapacidade do paciente acometido pelo zumbido". Para cada pergunta deveria ser escolhida uma das respostas: "sim", "não" ou "às vezes". As respostas eram tabuladas com quatro pontos para a resposta "sim", dois pontos para a resposta "às vezes" e nenhum ponto para a resposta "não". Os pontos somaram-se a fim de medir a gravidade do zumbido: "desprezível", "leve", "moderado", "severo" ou "catastrófico". Foram realizadas análises descritivas dos dados encontrados nas entrevistas relacionados com o "tempo de exposição ao ruído", o "tempo de perceção", as "características do zumbido", a "história familiar", a "perda auditiva", as "doenças e sintomas associados".

A análise estatística foi realizada a partir da correlação de *Spearman*[59], do teste de χ^2 [60], teste "*t"* (ou "*t*" de *Student)*[61] e teste "*G"* [62], considerando significativo $\rho < 0,05$. A correlação de *Spearman* foi utilizada para verificar a associação entre o percentual de indivíduos com zumbido encontrados em cada setor e o nível de ruído; a gravidade do zumbido (medida pelo *THI*) e o tempo de perceção do zumbido; a correlação entre o tempo de exposição ao ruído e o tempo de perceção do zumbido nos indivíduos com e sem perda auditiva.

O teste de χ^2 serviu para testar a plenitude auricular, a tontura e a sensibilidade auditiva em indivíduos com e sem perda auditiva.

[59] Em estatística, o coeficiente de correlação de postos de *Spearman*, designado assim devido a *Charles Spearman* e normalmente denominado pela letra grega ρ (*rho*), é uma medida de correlação não-paramétrica, isto é, ele avalia uma função monótona arbitrária que pode ser a descrição da relação entre duas variáveis, sem fazer nenhumas suposições sobre a distribuição de frequências das variáveis. Ao contrário do coeficiente de correlação de *Pearson*, não requer a suposição que a relação entre as variáveis é linear, nem requer que as variáveis sejam medidas em intervalo de classe; pode ser usado para as variáveis medidas no nível ordinal.

[60] Um teste do qui-quadrado, também conhecido como teste de χ^2 (ou teste do qui-quadrado), é qualquer teste de hipótese estatístico em que a distribuição estatística da amostra de teste é uma distribuição qui-quadrado, quando a hipótese nula é verdadeira. Qui-quadrado é muitas vezes construído a partir de uma soma dos quadrados dos erros, ou através da variação da amostra. Estatísticas de teste que seguem uma distribuição qui-quadrado surgem a partir de um pressuposto de dados independentes distribuídos normalmente, o que é válido em muitos casos devido ao teorema do limite central. Um teste do Qui-quadrado pode então ser utilizado para rejeitar a hipótese de que os dados são independentes.

[61] O teste t de *Student* ou somente teste "t" é um teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula quando a estatística de teste (*t*) segue uma distribuição "t" de *Student*. Essa premissa é normalmente usada quando a estatística de teste, na verdade, segue uma distribuição normal, mas a variância da população σ^2 é desconhecida. Neste caso, é usada a variância amostral σ^2 e, com este ajuste, a estatística de teste passa a seguir uma distribuição "t" de Student. A estatística "t" foi introduzida em 1908 por *William Sealy Gosset*, químico da cervejaria Guinness em Dublin, Irlanda ("*student*" era o seu pseudónimo).

[62] Em estatística, os testes "*G*" são testes de significância estatística de razão de verossimilhança ou de máxima verossimilhança que são cada vez mais usados em situações onde os testes Qui-quadrado tenham sido previamente recomendados.

O teste "*t"* serviu para verificar a relação entre a média do tempo de exposição ao ruído nos indivíduos com e sem perda auditiva e a relação entre a gravidade do zumbido (*THI*) nos indivíduos com e sem perda auditiva. O teste "*G"* serviu para verificar se o barulho como fator de agravamento do zumbido e a sensibilidade aos sons estão relacionados com o nível de ruído do local de trabalho. A recolha de dados ocorreu de agosto a dezembro de 2009. Dos 585 trabalhadores da empresa, inicialmente, 62 trabalhadores (10,6%) referiram perceção de zumbido. Durante a avaliação fonoaudiológica foi constatado que dois trabalhadores que apresentavam excesso de cera no meato acústico externo foram encaminhados ao otorrinolaringologista, tendo ocorrido supressão do zumbido após a remoção; um trabalhador apresentava surdez profunda, não reabilitada; dois trabalhadores apresentavam doença ativa da orelha; três percebiam o zumbido há menos de seis meses e/ou menos de cinco minutos; quatro foram demitidos e oito não entenderam a entrevista inicial, supondo tratar-se de um estudo sobre barulho ao qual estão expostos. Desta forma, foram excluídos 20 trabalhadores.

A amostra final foi composta por 42 trabalhadores, correspondendo a 7,2% da população total (n = 585), 25 do género masculino (59,5%) e 17 do género feminino (40,5%). A faixa etária variou entre 20 a 60 anos, com predomínio entre 30 e 40 anos (33,3%) e a média da idade entre 35 anos e 6 meses. No grupo das mulheres, a idade variou entre 21 a 60 anos, com média de 35 anos e 5 meses. No grupo de homens a idade variou entre 20 a 49 anos, com média de 35 anos. O nível de ruído nos diferentes setores da empresa variou entre 81,2 dB(A) a 95,5 dB(A). Pela correlação de *Spearman*, não houve associação significativa entre o nível de ruído do setor e o percentual de indivíduos com zumbido (r_S = 0,21; ρ = 0,51). Por outras palavras, o setor cujo nível de ruído mais intenso não apresentou o maior percentual de indivíduos com zumbido, Figura 180.

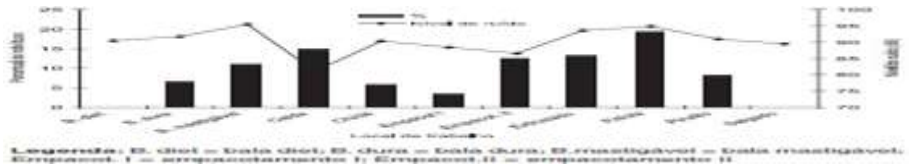


Figura 180 – Percentual de indivíduos que apresentam zumbido, por local de trabalho e nível de ruído

(Fonte: Sandra Weber e Eduardo Périco, 2011)

O tempo de exposição ao ruído variou de 1 a 30 anos. A maioria dos indivíduos (57,6%) tinha até dez anos de exposição ao ruído, com uma média de três anos e oito meses, Quadro 52. A aplicação do teste "*t"* não revelou diferença significativa entre a média de tempo de exposição ao ruído nos indivíduos sem perda auditiva (*X* = 133,19) e nos indivíduos com perda auditiva (*X* = 146,28); (*t* = -0,42; *gl* = 40; ρ = 0,67). Os resultados da audiometria tonal evidenciaram 21 trabalhadores (50%) com limiares audiométricos nos padrões de normalidade. Os restantes 14 trabalhadores, limiares acima de 25 dB, com predomínio da configuração audiométrica compatível com PAIR (33%). Foram calculadas as medianas dos limiares audiométricos para a orelha direita e para a orelha esquerda.

Quadro 52 – Frequência de indivíduos por tempo de exposição ao ruído

Tempo (anos)	Nº indivíduos	Frequência
1 ⊢ 5	10	23,8
5 ⊢ 10	10	23,8
10 ⊢ 15	5	11,9
15 ⊢ 20	7	16,6
20 ⊢ 25	9	21,4
25 ⊢ 30	1	2,4

(Fonte: Sandra Weber e Eduardo Périco, 2011)

Na configuração compatível com PAIR os limiares são simétricos com alterações que não excedem 35 dB e limitados às frequências de 3 e 4 kHz, Figura 181 e Figura 182.

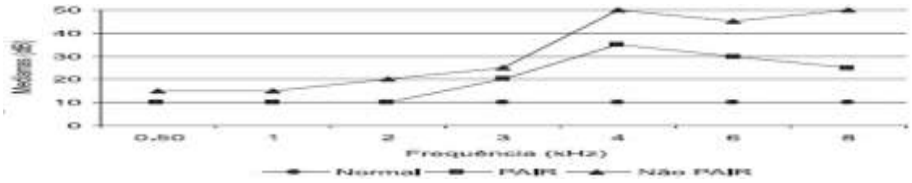


Figura 181 – Medianas para os limiares audiométricos para a orelha direita dos grupos com limiares audiométricos normais, sugestivos de PAIR e não sugestivos de PAIR

(Fonte: Sandra Weber e Eduardo Périco, 2011)

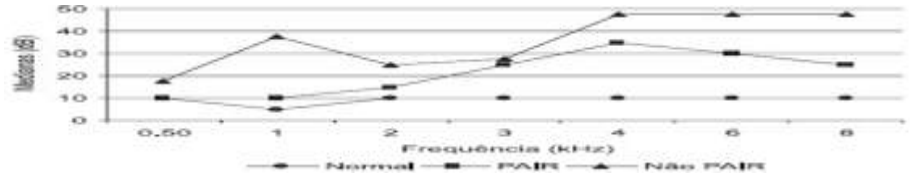


Figura 182 – Medianas para os limiares audiométricos para a orelha esquerda dos grupos com limiares audiométricos normais, sugestivos de PAIR e não sugestivos de PAIR

(Fonte: Sandra Weber e Eduardo Périco, 2011)

Também não foi encontrada diferença entre indivíduos com e sem perda auditiva, quando considerados, pelo teste de χ^2, as variáveis plenitude auricular (χ^2 = 0,11; *gl* = 1; ρ = 0,73); sensibilidade aos sons (χ^2 = 0,0) e tontura (χ^2 = 0,38; *gl* = 1; ρ = 0,53). O tempo de perceção do zumbido variou entre seis meses a 23 anos e a maioria dos indivíduos (73,8 %) percebia o zumbido há menos de cinco anos, com média de três anos e sete meses. Para oito indivíduos (19%) a perceção do sintoma ocorria há menos de um ano. Para a maioria, o zumbido era bilateral, percebido como som único, intermitente, de início progressivo.

Considerando o coeficiente de correlação de *Spearman*, não foi encontrada associação significativa entre o tempo de exposição ao ruído e o tempo de perceção do zumbido nos indivíduos com perda auditiva (r_S = 0,268; ρ = 0,239). Entretanto, nos indivíduos que não apresentaram perda auditiva, foi encontrada uma correlação significativa (r_S = 0,552; ρ = 0,009), indicando, neste grupo, haver uma relação entre o tempo de exposição ao ruído e o tempo de perceção do zumbido.

O questionário *THI* mostrou que 17 indivíduos (40,5%) se encontravam no nível 1 ou "desprezível", mas nenhum indivíduo se encontrava no nível "catastrófico". O teste "*t"* não mostrou diferença significativa entre a gravidade do zumbido (*THI*) nos indivíduos com perda auditiva (*X* = 2,09) e nos indivíduos sem perda auditiva (*X* = 1,90) (*t* = -0,591, *gl* = 40 e ρ = 0,557). Também foi testada a correlação entre a gravidade do zumbido (*THI*) e o tempo de perceção do zumbido. Não foi encontrada associação significativa (r_S = -0,051; ρ = 0,744), indicando não haver relação entre as variáveis.

Relativamente às doenças associadas, 64,2 % não referiram nenhuma doença; 14,2% referiram depressão; 7,2 % doença metabólica; 7,2% doença do sistema músculo-esquelético; 4,2% doença cardiovascular e 2,4% doença neurológica. Os dados relacionados com o histórico familiar indicam que 54,7% apresentavam algum familiar com zumbido, perda auditiva ou doença metabólica. Relativamente ao consumo de doces, 54,2% acreditaram abusar no consumo e 16,7% no consumo de cafeína.

O stresse, o silêncio e o barulho foram os fatores de agravamento mais citados. Para 43% dos indivíduos, o uso de som ambiental melhora o zumbido; para 34%, o zumbido interfere sobretudo na concentração e para 28% há preocupação com a surdez. Para avaliar se o barulho como fator de agravamento do zumbido está relacionado com o nível de ruído do local de trabalho, foi utilizado o teste "*G"*.

Não houve diferença significativa entre o nível de ruído e o agravamento com o barulho (ρ = 0,809), indicando não haver relação entre ambos. Foi utilizado o teste "*G"* para avaliar se a queixa de sensibilidade aos sons teria a ver com o nível de ruído no local de trabalho, porém não houve relação de significância (ρ = 0,754).

O zumbido é um sintoma multifacetado e complexo que pode comprometer dramaticamente a qualidade de vida do indivíduo(16). A incidência ao nível mundial deverá crescer, tendo em consideração o aumento da idade da população, a crescente exposição ao ruído, o estilo de vida (hábitos alimentares, sobrecarga de trabalho, stresse), a ansiedade e a depressão.

As pesquisas com populações expostas ao ruído mostram grande variabilidade na prevalência do zumbido(142)(143)(144)(145), que pode ser atribuída aos métodos de pesquisa, à subjetividade do sintoma e à definição de zumbido. A amostra constituiu-se de 42 indivíduos, com mais homens do que mulheres. Porém, analisando o total de homens e mulheres na empresa, encontrou-se um maior percentual de mulheres do que de homens.

Segundo a literatura, a prevalência do zumbido é maior em homens e aumenta com a idade(137). Considerando que a faixa etária média (35 anos e cinco meses) encontrada para as mulheres foi maior, esta poderia ser a justificação para o maior percentual de mulheres com zumbido neste estudo. Deve-se considerar que uma lesão difusa, de até 30% nas células ciliadas externas (CCE), não teria impacto significativo nos limiares audiométricos e seria uma lesão sem representação na audiometria convencional(17).

Além disso, os efeitos do ruído no sistema auditivo não estão limitados apenas à injúria coclear; a exposição ao ruído aumenta a concentração de cálcio citoplasmático nas CCE, aumenta a libertação de glutamato (neurotransmissor excitatório da via auditiva) e aumenta a atividade neural das fibras aferentes, podendo levar ao zumbido(146).

A literatura concorda com a estreita associação entre zumbido e perda auditiva, considerando que a maioria dos indivíduos com zumbido, em torno de 85%, tem algum grau de perda auditiva(147) e apenas 8 a 10% dos indivíduos com audiometria normal(148). Este estudo mostrou que 50% dos trabalhadores com zumbido não apresentaram perda auditiva, diferindo de outro(149), em que 71% dos trabalhadores apresentaram limiares audiométricos inferiores a 25 dB nas frequências entre 0,25 a 8 kHz.

Estudos com animais mostraram complexas modificações no sistema auditivo central, no colículo inferior, no corpo geniculado medial e no córtex auditivo primário(150). Há evidências de que a exposição a som intenso leva à hiperatividade do núcleo coclear dorsal (primeiro núcleo da via auditiva)(18).

Esta hiperatividade é contínua e gradual, desencadeando mudanças em toda a via tonotópica mesmo depois de terminada a exposição ao som, podendo estar relacionada com o zumbido. Foi encontrada uma média temporal de exposição ao ruído de três anos e oito meses e uma média de tempo de perceção do zumbido de três anos e sete meses.

Segundo outros autores(142), entre o início da exposição ao ruído ocupacional e o início do zumbido de origem ocupacional, em geral, há um intervalo longo, de muitos anos; diferente de um zumbido provocado por trauma acústico ou por exposição à música excessivamente amplificada. Ou seja, para estes autores, é incomum a relação direta entre o início de exposição a ruído ocupacional e o início do zumbido. A multiplicidade etiológica (causas metabólicas, odontológicas, farmacológicas, psicológicas, cardiovasculares, neurológicas, entre outras) e a possibilidade de interação entre as diversas causas(16), dificultam a tarefa de determinar a causa do zumbido.

O indivíduo pode ser portador de uma doença que cause zumbido sem que essa relação causal tenha sido determinada. Além disso, um fator etiológico pode não ser suficiente para desencadear o zumbido, mas sim vários fatores atuando sinergicamente(137). Ao avaliar a interferência do zumbido nas atividades diárias de pacientes do Ambulatório de Zumbido, outros autores(151), encontraram a interferência no sono como a mais referida, seguida da capacidade de concentração, equilíbrio emocional e restrição da atividade social.

Neste estudo, a capacidade de concentração foi a interferência mais referida, seguida do sono, equilíbrio emocional e atividade social. Trata-se de populações distintas; na primeira, pacientes de um centro de referência na avaliação e tratamento do zumbido e na segunda, trabalhadores que foram avaliados no seu local de trabalho e cujos percentuais encontrados interrogam sobre a necessidade de alguma intervenção. O início do zumbido foi apontado como progressivo para a maioria dos indivíduos, e com perceção há menos de cinco anos.

Destes, 19% têm perceção precoce do zumbido, ou seja, há menos de um ano. Valores estes muito semelhantes aos de outro estudo(149), que também encontrou 19% dos indivíduos com perceção do zumbido há menos de um ano e, 67% com perceção entre um e cinco anos. A localização do zumbido é predominantemente bilateral, seguida da orelha esquerda, coincidindo com outros valores encontrados(142)(143). A exposição a som ambiental foi o fator de melhora mais apontado pelos indivíduos. Protocolos de reabilitação como *Tinnitus Retraining Therapy*(152), preconizam o uso de enriquecimento sonoro.

De uma forma geral, todos os pacientes são orientados a evitar o silêncio, a fim de diminuir a atenção e a perceção do zumbido, reduzir a sua intensidade e oferecer um som menos intrusivo. Empiricamente, 42,9% dos indivíduos já haviam percebido este benefício. Outros 50% não apontaram nenhum fator de melhora.

O stresse e o barulho, assim como o silêncio, foram os fatores mais citados para agravamento do zumbido. Para alguns pacientes, o zumbido piora após exposição ao ruído. Esta diferença carece de entendimento e deve ser considerada numa abordagem terapêutica(22). Considerando que a população estudada fazia utilização regular de protetores auriculares e trabalha exposta ao ruído, foi analisado se os indivíduos que fizeram esta referência se encontravam nos setores de ruído mais intenso.

O teste "*G"* não mostrou diferença significativa. Já outros autores(153), identificaram indivíduos com zumbido em subgrupos, a partir da análise de aglomerados. Encontraram inicialmente 4 subgrupos: constante incómodo com o zumbido, agravamento do zumbido no ruído, zumbido não influenciado pelo sistema somatossensorial, agravamento do zumbido no silêncio. Incluir o indivíduo com zumbido numa destas quatro categorias pode ser uma importante ferramenta para otimizar a abordagem terapêutica e planear ações profiláticas.

A ocorrência de PAIR foi constatada em 33,3% dos indivíduos e as medianas encontradas neste estudo, assim como noutro similar(149), apresentaram alterações mínimas, com limiares em torno de 30 dB, limitadas a 3, 4 e 6 kHz, Figura 181 e Figura 182. A desvantagem provocada pelo zumbido pode ser muito maior do que uma pequena perda auditiva nas frequências agudas, especialmente para indivíduos jovens(142).

O stresse foi apontado como fator de agravamento do zumbido. Vários fatores quotidianos estão relacionados com o stresse. A própria exposição ao ruído e às suas características desagradáveis pode estar relacionada ao stresse(154). O ruído é um agente de stresse psicossocial, que ativa o sistema endócrino e o sistema nervoso autônomo (simpático). Os efeitos da exposição não ocorrem só diante de níveis de ruído intenso, mas também, em ambientes de ruído pouco intenso, quando há necessidade, por exemplo, de concentração.

Conforme o modelo neurofisiológico do zumbido(155), este ativa outros sistemas, como o sistema límbico e o sistema nervoso autónomo, levando ao incómodo e ao stresse. Uma vez ativado este mecanismo, o zumbido aumenta o stresse e, de maneira recíproca, o stresse aumenta o zumbido, o qual se inicia como uma perceção auditiva e, a persistência desta perceção, frequentemente, está associada a desordens de atenção e a problemas emocionais.

O indivíduo passa a focar sua atenção no zumbido, desenvolvendo problemas de concentração. A perceção continuada do zumbido leva ao incómodo, frustração, medo, ansiedade e depressão. A associação de dificuldade de atenção e desordens emocionais culminaria com distúrbios do sono e um impacto ainda maior na qualidade de vida do indivíduo. Assim, os três componentes básicos do zumbido seriam: auditivo, atenção e emocional(18).

Considerando-se que foi encontrada perda auditiva em 50% da amostra estudada, foram realizadas análises a fim de investigar diferenças entre os indivíduos com perda auditiva e sem perda auditiva. Não foram encontradas diferenças significativas para média do tempo de exposição ao ruído, sensação de plenitude auricular, tontura, sensibilidade auditiva e severidade do zumbido. Esta homogeneidade não se confirmou para a questão “tempo de exposição ao ruído” e “tempo de perceção do zumbido”.

Nos indivíduos sem perda auditiva, encontrou-se uma diferença significativa entre o tempo de exposição ao ruído e o tempo de perceção do zumbido, indicando haver uma relação entre as variáveis. Deve considerar-se, por um lado, autores que sugerem haver um intervalo longo entre o início da exposição ao ruído ocupacional e o início do zumbido de origem ocupacional(142). Por outro lado, há que valorizar-se o fato de que os efeitos do ruído podem ser imediatos à exposição, acarretando mudanças no sistema auditivo central, progressivas e gradativas, que podem estar relacionadas com o zumbido(156).

A ausência de perda auditiva em metade dos indivíduos estudados e a correlação entre tempo de exposição ao ruído e tempo de perceção do zumbido nestes indivíduos, aponta para um possível efeito do ruído não limitado ao sistema auditivo.

A similaridade entre os indivíduos, com e sem perda auditiva, quanto a diversas variáveis testadas (sensação de plenitude auricular, tontura, sensibilidade auditiva, média do tempo de exposição ao ruído e severidade do zumbido) indica a necessidade de incluir o tema zumbido nos programas de conservação auditiva.

2.2.5 Ruído ocupacional e perdas auditivas numa empresa metalomecânica

Este estudo(157) teve como objetivo estudar a perda auditiva em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional excessivo e verificar a existência de uma correlação entre essa perda, a idade e a exposição (tempo e nível sonoro), numa uma população de 50 trabalhadores, de uma empresa metalomecânica, potencialmente expostos a níveis sonoros superiores a 85 dB(A).

Aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP), técnica estatística multivariada, no domínio da Análise Fatorial, que permite a visualização e a redução de dados contidos em tabelas de grandes dimensões, cruzando um certo número de indivíduos com as variáveis quantitativas que os caracterizam. É aplicável a tabelas de "input" constituídas por números reais e permite encontrar os fatores que melhor explicam as similitudes e oposições entre indivíduos e variáveis. Esses fatores, hierarquizados por ordem decrescente da sua importância para a explicação da tabela de partida, constituem um sistema de eixos ortogonais onde é possível visualizar, sob a forma gráfica, as projeções dos constituintes da matriz de dados. A interpretação dos gráficos com base num conjunto de regras simples e claras, evidenciando as relações mais significativas existentes nas tabelas de "input".

Análise e Descrição da Situação Encontrada:

A consulta dos estudos de ruído disponíveis permitiu constatar que o processo fabril é gerador de níveis de pressão sonora bastante elevados. No Quadro 53 apresentam-se os valores de $L_{Ex,8h}$ por setor, onde se verifica que apenas na serralharia os níveis de $L_{Ex,8h}$ são inferiores a 85 dB, nos outros setores os valores de $L_{Ex,8h}$ são superiores a 85 dB.

Quadro 53 - Valores de $L_{Ex,8h}$ para os vários setores

Setor	Nº trabalhador do estudo	Idade aquando da realização da audiometria (anos)	Tempo de exposição (anos)	$L_{EX,\ 8h}$ dB(A)			$L_{EX,\ 8h}$ dB(A)	Média (dB)
				2006	2010	2012		
Serralharia	1	56	27	85,0	84,9	82,0	84,7	81.2
	13	59	21	78,6	79,3	83,2	79,3	
	20	49	12	78,6	79,3	83,2	79,7	
Corte	3	55	27	103,5	90,7	90,9	102,3	93.3
	16	39	18	93,1	86,2	85,4	91,4	
	29	48	33	88,4	83,6	85,4	87,7	
	30	44	24	93,1	86,2	85,4	91,9	
Balancés	6	45	24	90,1	87,4	79,9	89,2	88.5
	15	49	24	90,1	87,4	80,8	89,2	
	22	60	22	87,7	84,0	84,9	86,8	
	27	55	40	87,7	84,0	84,2	87,2	
	28	52	28	90,1	87,4	80,8	89,3	
	26	62	36	90,1	87,4	80,8	89,5	
Repuxagem	10	51	37	90,5	93,1	86,7	90,6	90.6
	11	52	23	90,1	93,1	86,7	90,4	
	21	42	24	90,5	93,1	85,6	90,7	
	23	53	38	90,5	93,1	86,7	90,6	
	36	46	28	90,5	93,1	86,7	90,7	
Beirar	25	37	23	90,5	93,1	76,5	90,6	90.6
Polimento manual	12	50	22	103,5	89,6	90,9	101,9	96.6
	17	52	37	103,5	89,6	90,9	102,6	
	18	54	38	90,5	93,1	90,9	90,8	
	19	52	21	90,5	93,1	90,9	91,0	
Polimento automático	9	52	22	90,5	93,1	80,7	90,6	90.6
Polimento vibração	14	53	24	90,6	89,4	81,0	89,9	89.9
Cravamento	2	57	40	92,6	90,8	84,7	92,1	92.2
	4	53	21	92,6	90,8	82,0	91,6	
	8	53	38	92,6	90,8	81,1	92,1	
	35	36	21	92,6	90,8	82,0	92,9	
Limpeza	5	52	23	92,6	90,8	84,7	91,8	92.1
	7	46	25	92,6	90,8	84,7	91,8	
	24	42	24	92,6	90,8	84,7	91,8	
	31	53	39	92,6	90,8	84,7	92,1	
	32	54	40	92,6	90,8	84,7	92,1	
	33	56	21	92,6	90,8	84,7	92,9	
	34	39	24	92,6	90,8	84,7	91,8	

(Fonte: António Beça, 2013)

Descrição das Variáveis em Estudo:

- ✓ Idade do trabalhador - valor da idade do trabalhador, considerado para o estudo em causa, corresponde à diferença entre o ano no qual se realizou o exame audiométrico e o ano de nascimento do trabalhador;
- ✓ Tempo de exposição ao ruído ocupacional – tempo variável para cada trabalhador e é calculado em função do ano de entrada na empresa e do ano no qual se realiza o exame audiométrico;
- ✓ $L_{Ex,8h}$ – os estudos do ruído, tendo por base cálculo da exposição individual diária dos trabalhadores, realizaram-se por uma empresa externa, em 2006, 2010 e 2012;
- ✓ Perdas auditivas - para o cálculo das perdas auditivas e para tornar a interpretação mais intuitiva em termos de quantificação e classificação da perda foi utilizado o Critério *BIAP*, o qual permite também considerar a perda em ambos os ouvidos. O Critério do *BIAP* - *Bureau International d'AudioPhonologie*, calcula as perdas auditivas através da média dos tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda se assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o pior, dividindo-se a soma por 10. O resultado obtido é arredondado por excesso.

Resultados dos Inquéritos:

A partir do questionário e através da análise das respostas, pode-se obter uma caracterização da história de exposição ao ruído ocupacional e não ocupacional, do historial familiar, pessoal ou de eventos clínicos que poderiam provocar perdas auditivas, da utilização de proteção auditiva e da perceção individual do estado auditivo. Analisando o Quadro 54, é possível constatar que a maioria dos trabalhadores são do sexo masculino, 77,4%, a média de idade é de 50,2 anos e o período médio de permanência na empresa é bastante elevado, 27,4 anos, Figura 183.

Quadro 54 - Caracterização da amostra em estudo

Amostra	Nº de trabalhadores considerados	Sexo				Idade (anos)		Antiguidade (anos)	
		M	%	F	%	Média	dp	Média	dp
Estudo	31	24	77,4	7	22,6	50,2	6,2	27,4	7,4
Excluídos	5	3	60,0	2	40,0	51,6	7,7	29,4	8,4

(Fonte: António Beça, 2013)

Figura 183 – Caracterização da amostra em estudo

(Fonte: António Beça, 2013)

No Quadro 55 apresentam-se os níveis de escolaridade dos trabalhadores, verificando-se que 90,3% dos indivíduos não prosseguiram os estudos além do ensino básico, Figura 184.

Quadro 55 - Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo

Amostra	Até ao 4º ano	Do 4º ano ao 9º ano	Do 9º ano ao 12º ano	Superior ao 12º ano
N	13	15	3	0
%	41,9	48,4	9,7	0

(Fonte: António Beça, 2013)

Figura 184 – Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo

(Fonte: António Beça, 2013)

É possível verificar do Quadro 56 que 42% dos indivíduos em estudo exerceram funções noutras empresas antes de ingressarem na fábrica em estudo.

Quadro 56 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividades ocupacionais

Atividade anterior	Pouco intensa		Intensa		Muito intensa		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Atividade 1	4	13	9	29	1	3	13	42
Atividade 2	0	0	2	6	0	0	2	6

(Fonte: António Beça, 2013)

No Quadro 57 verifica-se um significativo número de trabalhadores que cumpriu serviço militar (45,2%), podendo assumir-se que foi realizada a prática de tiro não sendo conhecidas as condições em de realização. As outras atividades não profissionais são consideradas bastante reduzidas pelo que apenas são consideradas no caso de se detetarem, nos audiogramas, perdas auditivas suspeitas, ou seja, com um valor demasiado elevado.

Quadro 57 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividade não ocupacionais

Atividade / Origem do ruído	N	%
Prestação de serviço militar	14	45,2
Prática de caça ou tiro	1	3,2
Utilização de ferramentas ruidosas	1	3,2
Vítima de rebentamentos ou explosões	2	6,5

(Fonte: António Beça, 2013)

Pelo Quadro 58 constata-se existir um elevado índice de tabagismo entre os trabalhadores (35,5%) bem como problemas de surdez no passado familiar. De igual forma também existe um elevado número de problemas nos ouvidos, otites ou rompimentos dos tímpanos, e indivíduos com doenças infeciosas, como por exemplo meningite, sarampo ou febre tifoide.

Quadro 58 - Antecedentes familiares e pessoais

Antecedentes	N	%
Familiares com surdez	7	22.6
Tabagismo	11	35.5
Diabetes	4	12.9
Traumatismo craniano	1	3.2
Problemas nos ouvidos	5	16.1
Doenças infecciosas	10	32.3

(Fonte: António Beça, 2013)

No Quadro 59 apresentam-se os hábitos de utilização de proteção auditiva. Constata-se que mais de 90% dos trabalhadores utilizaram “Sempre / Frequentemente” a proteção auditiva. De referir que os trabalhadores utilizaram como protetor auditivo tanto os tampões como os abafadores, sendo que a maioria dos trabalhadores indicaram o uso de ambos.

Quadro 59 - Utilização de proteção auditiva

Utilização da proteção auditiva	Sempre / Frequentemente		Às vezes / Nunca	
	N	%	N	%
	28	90,3%	3	9,7%
Tipo de protetor auditivo utilizado	Tampões		Abafadores	
	N		N	
	28		28	

(Fonte: António Beça, 2013)

Do Quadro 60 importa referir que cerca de 64,5% dos trabalhadores afirmaram que ouvem bem, enquanto cerca de 25,8% indicam a sensação de zumbidos nos ouvidos, Figura 185.

Quadro 60 - Perceção individual do estado auditivo

Perceção individual do estado auditivo	Ouve bem		Sente zumbidos	
	N	%	N	%
	20	64,5%	8	25,8%

(Fonte: António Beça, 2013)

Figura 185 – Perceção individual do estado auditivo

(Fonte: António Beça, 2013)

Estudo das Perdas Auditivas:

Considerando o exame audiométrico realizado em 2013 obtém-se a seguinte amostra representada no Quadro 61.

Quadro 61 - Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas dos trabalhadores

Variável	Valor médio	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
Idade (Anos)	50,2	6,2	62,0	37,0
Tempo de exposição ao ruído (Anos)	27,4	7,4	40,0	12,0
LEX,8h (dB)	90,9	4,9	102,6	79,3
Perda auditiva (dB)	27,9	13,0	59,0	6,0

(Fonte: António Beça, 2013)

Os dados obtidos dos estudos gerais do ruído tendo como base o cálculo da exposição individual diária dos trabalhadores nos anos de 2006, 2010 e 2012, estão representados no gráfico da Figura 186 para cada trabalhador.

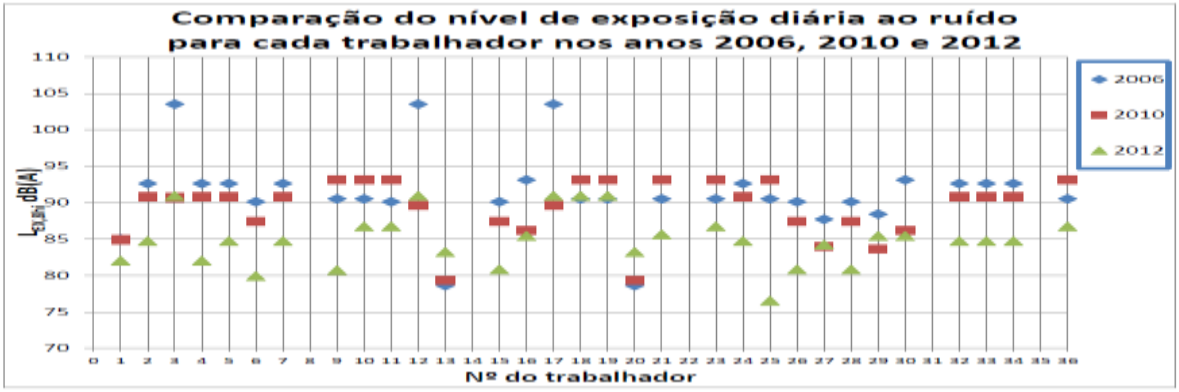


Figura 186 – $L_{Ex,\ 8hi}$ dB(A) por trabalhador para os anos 2006, 2010 e 2012

(Fonte: António Beça, 2013)

Segundo o cálculo e a classificação da perda auditiva, de acordo com o Critério *BIAP* para amostra em questão, obteve-se a sua distribuição no gráfico da Figura 187.

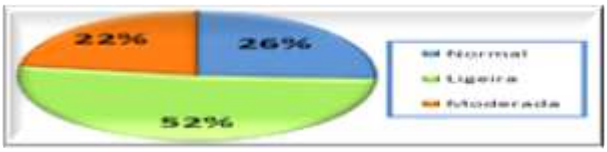


Figura 187 – Distribuição da classificação da perda auditiva, em 2013, segundo o Critério *BIAP*

(Fonte: António Beça, 2013)

Quadro 62 - Trabalhadores expostos a exposição ao ruído e com as perdas auditivas

Nº Trab	Sexo	Idade (anos)	Tempo de exposição (anos)	$L_{EX,\ 8h}$ dB(A)	Perda Média BIAP	Classificação da perda	Resposta NÃO à pergunta 'OUVE BEM?'	Resposta SIM à pergunta 'Sente Zumbidos?'	Utiliza proteção auditiva
1	M	56	27	84,7	39,0	Ligeira	X		
2	F	57	40	92,1	22,0	Ligeira		X	X
3	M	55	27	102,3	29,0	Ligeira			X
4	M	53	21	91,6	21,0	Ligeira			X
5	F	52	23	91,8	41,0	Moderada			X
6	F	45	24	89,2	46,0	Moderada	X		X
7	F	46	25	91,8	43,0	Moderada	X	X	
9	M	52	22	90,6	17,0	Normal			X
10	M	51	37	90,6	21,0	Ligeira	X	X	X
11	M	52	23	90,4	28,0	Ligeira	X		X
12	M	50	22	101,9	23,0	Ligeira	X	X	X
13	M	59	21	79,3	23,0	Ligeira		X	X
15	M	49	24	89,2	23,0	Ligeira			X
16	M	39	18	91,4	6,0	Normal			X
17	M	52	37	102,6	59,0	Moderada	X		X
18	M	54	38	90,8	41,0	Moderada	X		X
19	M	52	21	91,0	35,0	Ligeira			X
20	M	49	12	79,7	38,0	Ligeira	X	X	X
21	M	42	24	90,7	26,0	Ligeira			X
23	M	53	38	90,6	11,0	Normal			X
24	M	42	24	91,8	15,0	Normal		X	
25	M	37	23	90,6	8,0	Normal			X
26	M	62	36	89,5	45,0	Moderada	X		X
27	M	55	40	87,2	27,0	Ligeira	X	X	X
28	M	52	28	89,3	47,0	Moderada			X
29	M	48	33	87,7	37,0	Ligeira			X
30	M	44	24	91,9	23,0	Ligeira			X
32	F	54	40	92,1	25,0	Ligeira			X
33	F	59	24	91,8	17,0	Normal			X
34	F	39	24	91,8	15,0	Normal			X
36	M	46	28	90,7	13,0	Normal			X

(Fonte: António Beça, 2013)

Observa-se assim que 26% dos trabalhadores têm uma perda auditiva “normal”, 52% uma perda “ligeira” e 22% uma perda “moderada”. Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda “severa” (acima de 71 dB) ou na situação de perda “total”. De referir que o valor máximo da perda “moderada” foi de 59 dB e que o intervalo desta perda está classificado entre 41 a 70 dB. Neste intervalo o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz e o indivíduo compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.

A relação de trabalhadores com perdas está apresentada no Quadro 62. Verifica-se que o trabalhador que possui uma perda média mais elevada é o trabalhador n.º 17, que também está exposto a um $L_{Ex,8h}$ bastante elevado. Os trabalhadores n.º 27 e n.º 32 apresentam os maiores tempos de exposição, 40 anos, mas perdas auditivas “ligeiras“. De referir ainda que dos 7 trabalhadores com perdas “moderadas“ apenas 5 indicaram a perceção de limitações ao nível da audição, e que dos 16 trabalhadores com perdas auditivas “ligeiras“ apenas 6 referiram a perceção de limitações ao nível da audição.

Dos trabalhadores com perda “normal“ nenhum indicou este problema. De referir que apenas 8 trabalhadores com perdas “ligeiras“ ou “moderadas“ indicaram a perceção de zumbidos nos ouvidos, entre os 21 trabalhadores com essas perdas. A utilização efetiva de proteção auditiva, ao longo dos anos de exposição, não implica que no passado se tenha trabalhado de forma desprotegida, alterando desta forma o $L_{Ex,8h}$ real dos trabalhadores. Provavelmente os trabalhadores não teriam tido tanto cuidado com o uso dos EPI, não sendo ainda de descurar uma eventual não disponibilidade da mesma.

Através do Quadro 63, pode verificar-se que os trabalhadores n.º 5 e n.º 6 apresentam casos de perdas “moderadas“ mas também são referidas doenças otológicas. Para os restantes casos de perdas “moderadas“, mais nenhum apresenta antecedentes.

Quadro 63 - Trabalhadores com antecedentes de doenças

Nº	Antecedentes						Historial de exposição ao ruído		
	Surdez familiar	Tabagismo	Diabetes	Traumatismo craniano	Doenças otológicas	Doenças infecciosas	Explosões	Caça Tiro	Ferramentas ruidosas
1	X	X	0	0	0	0	0	0	X
2	0	0	X	0	X	X	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	X	0	0	X	0	0	0	0
5	0	0	0	0	X	X	0	0	0
6	0	0	0	X	X	X	X	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	X	0	0	0
10	X	X	0	0	X	0	0	0	0
11	0	X	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	X	0	0	X	0	0	0
13	X	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	X	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	X	0	0	0
17	0	X	0	0	0	0	0	0	0
18	0	X	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	X	X	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	X	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	X	0	0	0
26	X	X	0	0	0	0	X	0	0
27	0	X	0	0	0	0	0	X	0
28	0	X	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	X	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	X	0	X	0	0	0	0	0	0
33	X	0	0	0	0	X	0	0	0
34	0	0	0	0	0	X	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: António Beça, 2013)

É importante conhecer o detalhe histórico e os antecedentes da população em estudo, mas para ter conhecimento se a perda de audição teve origem numa doença otológica seria necessário saber qual era a doença em concreto.

Através da média dos valores dos exames audiométricos por banda de frequência, Figura 188, verifica-se que os valores mais significativos correspondem às frequências de 4000 e 6000 Hz. Constata-se ainda que nestas frequências os desvios padrão são mais elevados.

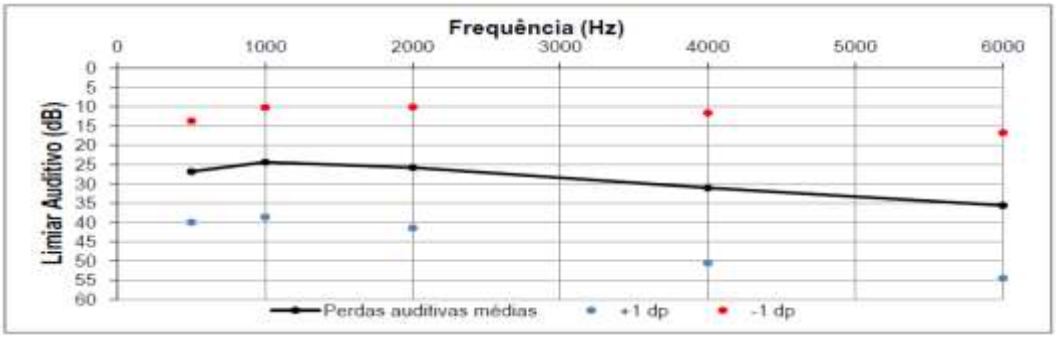


Figura 188 – Perdas auditivas médias da população em estudo

(Fonte: António Beça, 2013)

Segundo o cálculo e a classificação da perda auditiva pelo Critério *BIAP*, os resultados a partir dos dados dos exames audiométricos de 2010 encontram-se no gráfico da Figura 189.

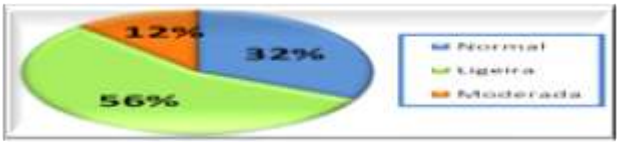


Figura 189 – Distribuição da classificação da perda auditiva em 2010 segundo o Critério *BIAP*

(Fonte: António Beça, 2013)

Observa-se que 32% dos trabalhadores apresentaram uma perda auditiva "normal", 56% uma perda "ligeira" e 12% uma perda "moderada". Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda "severa" (acima de 71 dB) ou na situação de perda "total". No Quadro 64 e no gráfico da Figura 190 estão os valores das perdas auditivas de 2010 e de 2013.

Quadro 64 - Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013

	Ano	
Perda	2010	2013
Normal	32,4%	25,8%
Ligeira	55,9%	51,6%
Moderada	11,8%	22,6%

(Fonte: António Beça, 2013)

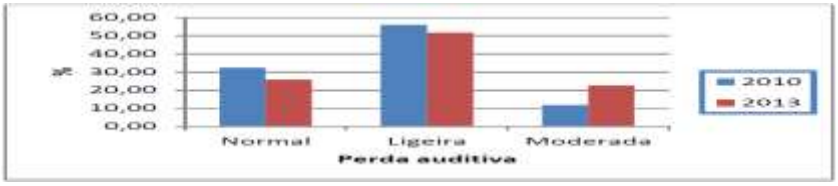


Figura 190 – Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013

(Fonte: António Beça, 2013)

É possível verificar que houve uma diminuição de trabalhadores com perda auditiva "normal" de 2010 para 2013 de 6,5% e uma diminuição de 4,3% de 2010 para 2013 para a perda auditiva "ligeira". Por outro lado houve um aumento de 10,8% na perda auditiva "moderada".

A Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal foi aprovada pelo Decreto-Lei n.º 352/2007, de 23 de outubro. Para o cálculo das perdas auditivas, ponderam-se os resultados do melhor ouvido (com menos perdas) para frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os fatores de ponderação de 2, 4, 3 e 1, respetivamente. Para a hipoacusia bilateral, a audiometria tonal deverá revelar uma perda igual ou superior a 35 dB. Verifica-se que os trabalhadores com perdas "moderadas" calculadas a partir do Critério *BIAP* apresentaram uma perda auditiva superior bastante elevada para o critério usado como comparação, Quadro 65. Já para as perdas "ligeiras" é verifica-se que a maioria dos trabalhadores apresenta uma perda auditiva superior a 35 dB.

Quadro 65 - Comparação do cálculo das perdas através do critério da Tabela de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal

Nº trabalhador	LEX 8h dB(A)	500	1000	2000	4000	Melhor Ouvido (com menos perdas)	Media ponderada (dB)	Classificação da perda BIAP	Media ponderada (BIAP)
1	84,7	40	80	75	50	Esquerdo	61,3	Ligeira	39
2	92,1	40	40	30	10	Esquerdo	30,0	Ligeira	22
3	102,3	50	60	75	45	Direito	57,5	Ligeira	29
4	91,6	40	40	30	20	Esquerdo	32,5	Ligeira	21
5	91,8	60	120	105	30	Esquerdo	78,8	Moderada	41
6	89,2	70	160	135	55	Direito	105,0	Moderada	46
7	91,8	60	160	135	45	Direito	100,0	Moderada	43
9	90,6	20	20	15	30	Esquerdo	21,3	Normal	17
10	90,6	40	80	30	25	Direito	45,8	Ligeira	21
11	90,4	60	20	30	55	Direito	41,3	Ligeira	28
12	101,9	30	60	60	35	Direito	46,3	Ligeira	23
13	79,3	40	60	45	35	Direito	45,0	Ligeira	23
15	89,2	40	60	75	30	Direito	51,3	Ligeira	23
16	91,4	20	20	0	0	Direito	10,0	Normal	6
17	102,6	80	160	120	65	Esquerdo	106,3	Moderada	59
18	90,8	90	200	90	30	Direito	102,5	Moderada	41
19	91,0	60	140	90	3	Esquerdo	73,3	Ligeira	35
20	79,7	40	60	90	35	Esquerdo	56,3	Ligeira	38
21	90,7	50	120	60	15	Direito	61,3	Ligeira	26
23	90,6	30	40	15	10	Esquerdo	23,8	Normal	11
24	91,8	30	60	45	5	Esquerdo	35,0	Normal	15
25	90,6	30	40	15	5	Esquerdo	22,5	Normal	8
26	89,5	40	80	180	70	Esquerdo	92,5	Moderada	45
27	87,2	40	80	75	35	Direito	57,5	Ligeira	27
28	89,3	80	140	105	45	Esquerdo	97,5	Moderada	47
29	87,7	80	140	90	35	Esquerdo	86,3	Ligeira	37
30	91,9	50	100	60	15	Esquerdo	56,3	Ligeira	23
32	92,1	50	80	60	30	Direito	55,0	Ligeira	25
33	91,8	40	60	15	5	Esquerdo	30,0	Normal	17
34	91,8	20	60	60	10	Direito	37,5	Normal	15
36	90,7	40	40	15	10	Esquerdo	26,3	Normal	13

(Fonte: António Beça, 2013)

Análise Individual de Casos:

Para os casos que proporcionam algumas dúvidas e valores de perdas auditivas bastante elevados apresenta-se uma pequena análise individual destes indivíduos.

Trabalhador n.º 17:

Quadro 66 - Perda auditiva do trabalhador n.º 17

Nº trabalhador				17		Idade (anos)				52		
Exposição (anos)				37		LEX,8h (dB)				102,6		
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	50	45	40	70	60	60	65	55	50	50	54,0	Moderada
2013	40	40	40	65	55	70	65	65	65	40	59,0	Moderada

(Fonte: António Beça, 2013)

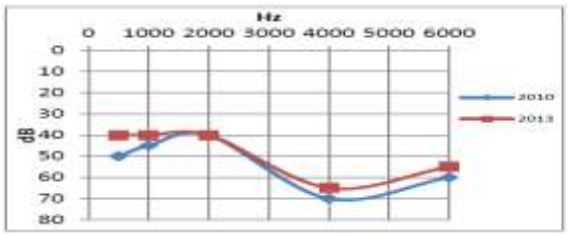


Figura 191 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 17

(Fonte: António Beça, 2013)

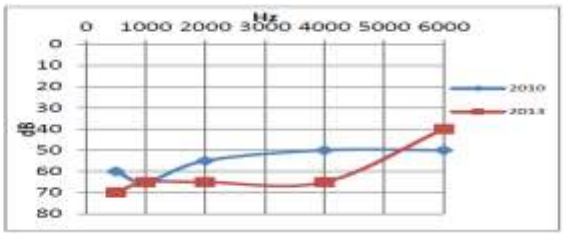


Figura 192 – Ouvido direito do trabalhador n.º 17

(Fonte: António Beça, 2013)

Quadro 67 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 17

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior		×
Ferramentas ruidosas		×
Explosões		×
Surdez familiar		×
Tabagismo	×	
Doenças otológicas		×
Doenças infecciosas		×
Proteção auditiva	×	
Ouve bem?		×
Sente zumbidos?		×

(Fonte: António Beça, 2013)

O trabalhador n.º 17 apresenta o maior valor de perda auditiva da amostra em estudo, Quadro 66, Figura 191, Figura 192 e Quadro 67, estando sujeito a um valor elevado de exposição ao ruído. Os 37 anos de exposição ao ruído foram sempre nesta empresa, nunca trabalhou noutra empresa, e foram sempre na mesma seção de trabalho. Nos inquéritos apenas indicou que fumou, que ouve mal e não sente zumbidos.

Observando os gráficos de perda auditiva, verifica-se que no ouvido esquerdo esta é mais significativa para os 4000 Hz, sendo concordante com o escotoma característico do ruído industrial. No ouvido direito nota-se uma perda auditiva para todas as bandas de frequências, principalmente na zona de conversação. Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade, Figura 193, este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade e, segundo o Gráfico *Bell*[63] da Figura 194, para a evolução da surdez profissional, encontra-se no estádio 3, ou seja, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neurosensorial profunda.

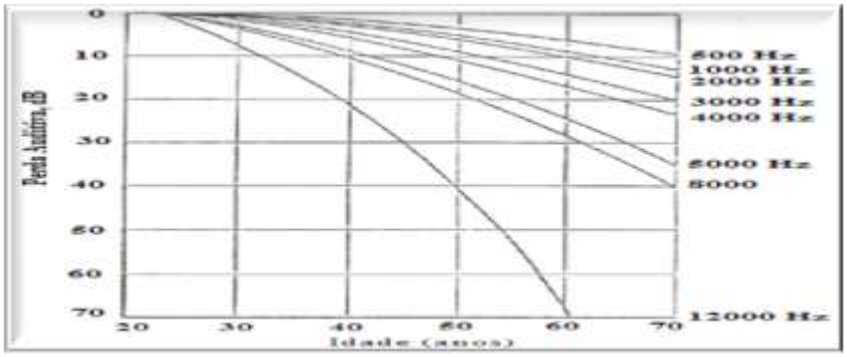


Figura 193 – Evolução com a idade das perdas auditivas

(Fonte: Alberto Miguel, 2012)

[63] *Alexander Graham Bell* (Edimburgo, 3 de março de 1847 — Nova Escócia, 2 de agosto de 1922) foi um cientista, inventor e fundador da companhia telefónica *Bell*.

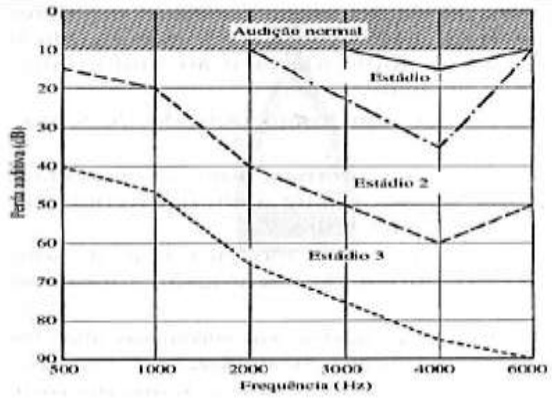
Evolução	Estádio	Descrição
	0	Curva audiométrica normal.
	1	Défice transitório: perda auditiva localizada somente na frequência de 4000Hz, não ultrapassando os 30 a 40 dB.
	2	Período de latência: perda auditiva atingindo as frequências de conversação.
	3	Período de surdez manifesta (doença profissional): perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais (geralmente dos 500 a 8000Hz).

Figura 194 – Evolução da surdez profissional e estádios da evolução

(Fonte: Alberto Miguel, 2012)

Trabalhador n.º 6:

O trabalhador n.º 6 apresenta a terceira maior perda auditiva da amostra em estudo, Quadro 68, Figura 195, Figura 196 e Quadro 69, tem menos tempo de exposição que os dois trabalhadores anteriores e é mais novo também. Nos inquéritos indicou que já foi vítima de explosões e traumatismo craniano o que poderá ter agravado a perda de audição.

Quadro 68 - Perda auditiva do trabalhador n.º 6

Nº trabalhador			6			Idade (anos)				45		
Exposição (anos)			24			$L_{ex,8h}$ (dB)				89.2		
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	35	40	35	35	40	25	30	30	40	55	33	Ligeira
2013	40	40	50	60	80	35	40	45	55	40	46,0	Moderada

(Fonte: António Beça, 2013)

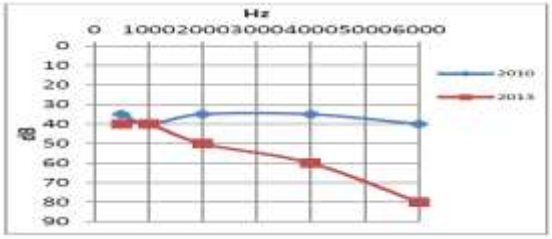


Figura 195 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 6

(Fonte: António Beça, 2013)

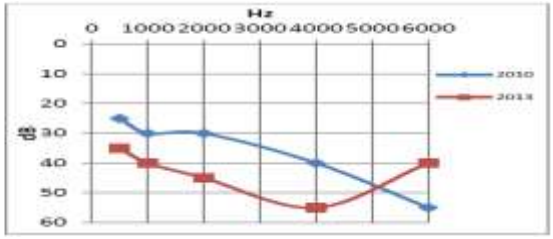


Figura 196 – Ouvido direito do trabalhador n.º 6

(Fonte: António Beça, 2013)

Quadro 69 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 6

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior	X	
Ferramentas ruidosas		X
Explosões	X	
Traumatismo cranianos	X	
Surdez familiar		X
Tabagismo		X
Doenças otológicas	X	
Doenças infecciosas	X	
Proteção auditiva	X	
Ouve bem?		X
Sente zumbidos?		X

(Fonte: António Beça, 2013)

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade, Figura 193, este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade e, segundo o Gráfico *Bell* da Figura 194, para a evolução da surdez profissional, encontra-se no estádio 3, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neurosensorial profunda.

Trabalhador n.º 26:

O trabalhador n.º 26 é o trabalhador com mais idade na empresa e apresenta a 4.ª maior perda auditiva, Quadro 70, Figura 197, Figura 198 e Quadro 71. Indicou que já foi vítima de explosões e traumatismo craniano o que poderá ter agravado a perda de audição.

Quadro 70 - Perda auditiva do trabalhador n.º 26

Nº trabalhador				26		Idade (anos)				62		
Exposição (anos)				36		$L_{EX,8h}$ (dB)				89.5		
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Media (BIAP)	Classificaçao da perda
2010	20	20	60	75	65	25	20	45	60	60	40	Ligeira
2013	20	20	60	70	80	35	20	55	60	65	45,0	Moderada

(Fonte: António Beça, 2013)

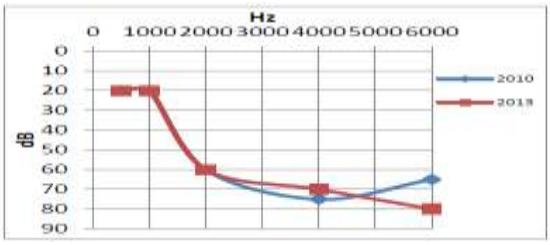


Figura 197 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 26

(Fonte: António Beça, 2013)

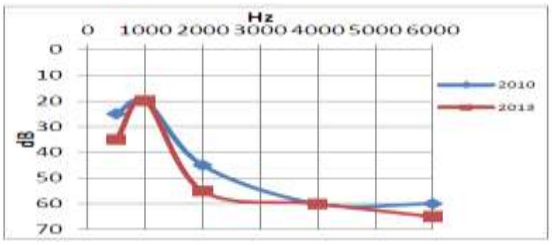


Figura 198 – Ouvido direito do trabalhador n.º 26

(Fonte: António Beça, 2013)

Quadro 71 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 26

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior		x
Ferramentas ruidosas		x
Explosões	x	
Traumatismo cranianos		x
Surdez familiar	x	
Tabagismo	x	
Doenças otológicas		x
Doenças infecciosas		x
Proteção auditiva	x	
Ouve bem?		x
Sente zumbidos?		x

(Fonte: António Beça, 2013)

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade, Figura 193, este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade e, segundo o Gráfico *Bell* da Figura 194, para a evolução da surdez profissional, encontra-se no estádio 3, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neurosensorial profunda.

Trabalhador n.º 5:

O trabalhador n.º 5 apresenta um valor elevado de perda auditiva, está há 23 anos na fábrica em estudo e nunca trabalhou noutra, Quadro 72, Figura 199, Figura 200 e Quadro 73. Nos inquéritos indicou que já teve problemas otológicos e doenças infeciosas que podem causar danos auditivos.

Quadro 72 - Perda auditiva do trabalhador n.º 5

Nº trabalhador				5		Idade (anos)				52		
Exposição (anos)				23		$L_{EX,8h}$ (dB)				91.8		
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	35	40	25	30	30	20	15	5	15	25	20	Normal
2013	30	30	35	30	35	35	45	45	50	60	41,0	Moderada

(Fonte: António Beça, 2013)

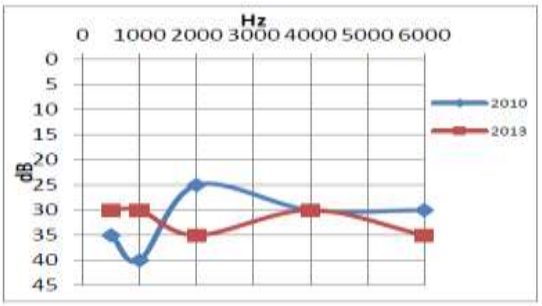


Figura 199 – Ouvido esquerdo do trabalhador n.º 5

(Fonte: António Beça, 2013)

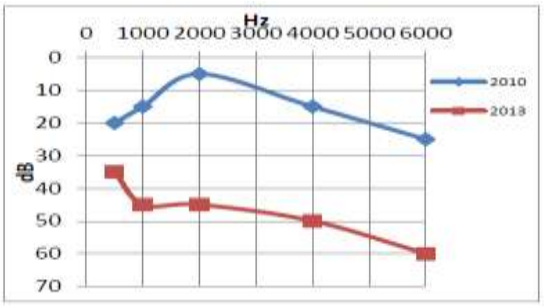


Figura 200 – Ouvido direito do trabalhador n.º 5

(Fonte: António Beça, 2013)

Quadro 73 - Historial e antecedentes do trabalhador n.º 5

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior		×
Ferramentas ruidosas		×
Explosões		×
Surdez familiar		×
Doenças otológicas	×	
Doenças infecciosas	×	
Proteção auditiva	×	
Ouve bem?	×	
Sente zumbidos?		×

(Fonte: António Beça, 2013)

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade, Figura 193, este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade, e segundo o Gráfico *Bell* da Figura 194, para a evolução da surdez profissional, encontra-se no estádio 3, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neurosensorial profunda.

O tamanho da amostra condiciona a obtenção de conclusões objetivas, devido, sobretudo, à metodologia aplicada e à incerteza associada aos dados utilizados. Neste tipo de estudos, o tamanho da amostra populacional deverá ser mais elevado para que se retirem conclusões mais fiáveis e assim retirar da amostra em estudo as situações que suscitem dúvidas.

A exposição pessoal diária ao ruído está limitada aos estudos de ruído realizados na empresa, tendo sido utilizados, neste caso, os estudos de 2006, 2010 e 2011. Esta escassez de medições e a deficiente caracterização do ruído ocupacional nos locais de trabalho são fatores que conduzem a maior incerteza e condicionam este tipo de estudos.

Por existirem trabalhadores que não têm postos de trabalho fixos, o cálculo da exposição pessoal diária ao ruído, pela determinação de “n” níveis sonoros durante “t” intervalos de tempo, poderá conduzir a um valor superior ou inferior ao valor real da exposição ao ruído.

A eventual utilização de proteção auditiva por parte dos trabalhadores implicaria numa atenuação ao ruído. Foi assinalada nos inquéritos como uma prática frequente, mas é, contudo, necessário assinalar que, no passado, a utilização de EPI poderá não ter sido uma prática corrente, pese embora a elevada percentagem de respostas do tipo "utiliza sempre/frequentemente EPI auditiva". Do estudo das perdas auditivas, conclui-se que a maioria (52%) dos trabalhadores em estudo apresenta perdas auditivas ligeiras.

Com estes resultados é possível observar que 26% dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada "normal e 22% uma perda "moderada". Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda "severa" (acima de 71 dB) ou na situação de perda "total". O valor máximo da perda "moderada" foi de 59 dB, sendo que o intervalo desta perda está entre 41 a 70 dB. Neste intervalo, o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz e o indivíduo compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.

Para as perdas auditivas médias nas bandas de frequências de 4000 Hz e 6000 Hz verifica-se que esta é mais significativa, sendo os valores mais altos para 4000 Hz, situação característica de escotoma. Quanto à perceção individual do estado auditivo, pode não existir uma relação direta com a perda auditiva, uma vez que dos trabalhadores com perda "normal" nenhum indicou este problema. Mas, dos 7 trabalhadores com perdas "moderadas" apenas 5 indicaram a perceção de limitações ao nível da audição, e dos 16 trabalhadores com perdas auditivas "ligeiras", só 6 referiram a perceção de limitações ao nível da audição.

A aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP) permitiu avaliar a consistência dos dados analisados. Verificou-se a similitude dos registos efetuados em 2006, 2010 e 2012 (traduzido na ACP pela projeção próxima dessas variáveis). As mesmas conclusões são válidas para as restantes variáveis projetadas muito próximas umas das outras. Os trabalhadores sujeitos a um nível de exposição ao ruído mais elevado apresentam um valor de perda auditiva mais elevado.

A aplicação da ACP permitiu identificar indivíduos com características auditivas particulares. Esta vantagem da aplicação da ACP é tanto mais evidente quanto facilmente o espírito humano perde capacidade de discernimento perante um grande volume de dados.

Seguindo os princípios gerais de prevenção, a solução a implementar para reduzir os níveis de ruído elevados na fábrica em estudo passaria por trocar os equipamentos atuais por outros menos ruidosos, sendo esta solução totalmente desadequada em termos económicos e em termos de processo, pelo que a solução mais recomendável passaria por tentar isolar o perigo através da colocação de mecanismos de encapsulamento dos equipamentos, evitando assim a propagação do ruído.

É necessário, e de acordo com a legislação em vigor, informar e formar os colaboradores para o uso da proteção auditiva. Ao nível médico, deve ser garantida aos colaboradores a vigilância médica com uma periocidade anual, preferencialmente aos colaboradores expostos a valores acima do limite de ação superior.

Como perspetiva futura importará a conjugação da informação qualitativa resultante dos inquéritos com a quantitativa que resultou dos exames audiométricos e da avaliação da exposição ao ruído. Como ferramenta de trabalho e opção metodológica para tratar estes dois tipos de informação propõe-se a análise fatorial das correspondências binárias.

2.2.6 Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído

Este estudo(158) teve como objetivo estimar a incidência e a prevalência de deficit auditivo sugestivo de Perda Auditiva Induzida por Ruído e a sua associação com idade e tempo de serviço em trabalhadores de uma indústria metalúrgica do polo industrial de Manaus - Brasil.

A estratificação dos sujeitos por faixa etária correspondeu a 15 a 34, 35 a 45, e 46 anos ou mais. O tempo de serviço foi estratificado de 0 a 10, 11 a 20, e 21 anos ou mais trabalhados dentro da empresa estudada, entre janeiro e julho de 2012.

A amostra foi constituída por 1499 exames audiométricos de trabalhadores expostos ao ruído, e representa o universo dos operários dessa indústria atendidos no primeiro semestre de 2012, não tendo havido critério de exclusão.

Para estimativa da incidência foram selecionadas audiometrias de 763 trabalhadores com audição dentro da normalidade no exame de referência e comparados com exame atual.

Os exames audiométricos foram realizados em cabina acústica, com o Audiómetro de dois canais da marca *Interacoustics*, modelo *AC 33*, com auscultadores *TDH 39P* e Audiómetro da marca *Kamplex Instruments*, modelo *FIM ADL20 OHA*, devidamente calibrados de acordo com o padrão *ISO/DIS*[64].

Os limiares auditivos para análise foram os obtidos por via aérea, testados nas frequências de 0,5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz e 8 kHz. Para avaliação dos resultados da audiometria, baseou-se nas médias dos limiares auditivos das frequências de 3 kHz, 4 kHz e 6 kHz, por serem estas as mais afetadas pela PAIR, e usadas também para separar os traçados “em sugestivos” e “não sugestivos” de PAIR (Perda Auditiva Induzida por Ruído).

Além da história clínica e ocupacional, o critério adotado para a caracterização dos traçados audiométricos em normais ou sugestivos de PAIR foi o seguinte:

- ✓ Curva audiométrica compatível com a normalidade: indivíduos que apresentaram todos os limiares auditivos com valores iguais ou inferiores a 25 dB:
- ✓ Curva audiométrica sugestiva de PAIR: indivíduos que apresentaram entalhe com limiares audiométricos superiores a 25 dB nas frequências de 3 kHz, 4 kHz e/ou 6 kHz, na via aérea e via óssea (perda do tipo sensorioneural). Perfis audiométricos que não se enquadram nesse padrão foram classificados como não sugestivos de PAIR[65].

Para a classificação da perda auditiva de acordo com o grau adotou-se a de *Silman & Silverman*(159), e assim, ≤ 25 dB(A) audição normal; entre 26 e 40 dB(A) perda auditiva grau leve; entre 41 e 55 dB(A) perda auditiva grau moderado; entre 56 e 70 dB(A) perda auditiva grau moderadamente severo; entre 71 e 90 dB(A) perda auditiva grau severo; ≥ 91dB(A) perda auditiva grau profundo.

[64] *ISO/DIS 11904-1: Acoustics — determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears. Part 1: Technique using microphones in real ears (MIRE-technique), 2002.*
ISO/DIS 11904-2: Acoustics — determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears. Part 2: Technique using manikim (manikim-technique), 2004.

[65] Ministério do Trabalho do Brasil. Portaria GM/SSSTb n.º 19, de 09/04/1998: Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados. (DOU 22/04/98).

Para estimar a incidência e a prevalência de deficit auditivo sugestivo por PAIR e a sua associação com a idade e o tempo de serviço em trabalhadores, aplicaram-se medidas de tendência central, dispersão e distribuições de frequência. O nível de significância (prevalência de casos) utilizado foi de $p < 0,05$ e o valor significante assinalado com *****. Na análise dos dados utilizou-se o *software Epi Info 3.5.3*.

A população de estudo constituiu-se de 1499 trabalhadores, sendo 52 (3,47%) do sexo feminino e 1447 (96,53%) do sexo masculino. Predominou a faixa etária entre 15 e 34 anos. A prevalência de perda auditiva estimada foi de 44,23% sendo 28,89% de PAIR. Se considerarmos o total de alterados, 65,3% desses são sugestivos de PAIR.

No Quadro 74 encontra-se a distribuição da condição de audição da população em estudo segundo a faixa etária e o tempo de serviço. Verificou-se que a prevalência de perda auditiva aumentou de acordo com a idade e tempo de serviço.

Pode observar-se maior prevalência de perda auditiva nos trabalhadores com faixa etária a partir dos 45 anos e com tempo de serviço superior a 21 anos. Nota-se que, apenas 11,1% dos trabalhadores acima dos 21 anos de serviço têm audição normal e 61,9% apresenta perda sugestiva de PAIR.

A classificação de "não sugestivo" de PAIR permanece estável nos indivíduos abaixo de 20 anos de exposição laboral 14,9% e nas pessoas expostas com mais de 20 anos aumenta para 27%.

Quadro 74 - Distribuição da população por condição de audição, segundo faixa etária e tempo de serviço

Variáveis		Condição de audição			Total
		Normal	PAIR	NÃO PAIR	
		N (%)	N (%)	N (%)	
Tempo de Serviço*	0 a 10 anos	725 (60,6%)	294 (24,6%)	178(14,9%)	1197
	11 a 20 anos	104 (43,5%)	100 (41,8%)	35(14,6%)	239
	21 anos ou mais	7(11,1%)	39(61,9%)	17(27,7%)	63
Faixa etária**	15 a 34 anos	619 (65,7%)	204 (21,7%)	119 (12,6%)	942
	35 a 44 anos	195 (47,9%)	138 (33,9%)	74(18,2%)	407
	45 anos ou mais	22 (14,7%)	91 (60,7%)	37 (24,7%)	150

*p=0,0000
**p=0,0000
Teste Qui-quadrado

(Fonte: Ana Régis, Karla Crispim e Aldo Ferreira, 2014)

O Quadro 75 demonstra a incidência de PAIR. Do total de 793 trabalhadores com exame de referência normal, 19,7% evoluíram para perda auditiva sugestiva de PAIR.

Quadro 75 - Incidência de perda auditiva induzida por ruído

Variáveis	N	%
Normal	571	72%
Sugestivo de PAIR	156	19,7%
Sugestivo de NÃO PAIR	66	8,3%
Total	793	100%

(Fonte: Ana Régis, Karla Crispim e Aldo Ferreira, 2014)

A relação entre incidência de PAIR com a faixa etária e o tempo de serviço demonstra-se no Quadro 76. Na faixa etária acima de 45 anos houve maior incidência (54,4%). Nos trabalhadores com tempo de serviço superior a 20 anos observou-se incidência de 51,9%.

Quadro 76 - Incidência de perda auditiva por faixa etária e tempo de serviço

Variáveis	Normal N (%)	PAIR N (%)	Não PAIR N (%)	Total N (%)
Faixa Etária*				
15 a 34 anos	399 (80,3%)	67 (13,5%)	31 (6,2%)	497 (100,0)
35 a 44 anos	155 (68,0%)	52 (22,8%)	21(9,2%)	228 (100,0)
45 anos ou mais	17 (25,0%)	37 (54,4%)	14(20,6%)	68 (100,0)
Tempo de serviço				
0 a 10 anos	473 (78,4%)	92 (15,3%)	38 (6,3%)	603 (100,0)
11 a 20 anos	92 (56,4%)	50 (30,7%)	21(12,9%)	163 (100,0)
21 anos ou mais	6 (22,2%)	14(51,9%)	7(25,9%)	27

* p=0,0000

Teste Qui-quadrado

(Fonte: Ana Régis, Karla Crispim e Aldo Ferreira, 2014)

Relativamente à avaliação da orelha afetada, verifica-se que prevalece a perda auditiva bilateral, seguida da perda auditiva na orelha esquerda, Quadro 77.

Quadro 77 - Prevalência de perda auditiva por orelha

Variáveis	Orelha direita	Orelha esquerda	Bilateral
Normal			836 (56,0%)
Perda auditiva	119 (7,9)	197 (13,1)	347 (22,9)

(Fonte: Ana Régis, Karla Crispim e Aldo Ferreira, 2014)

No Quadro 78 observa-se que quanto ao grau, a maior prevalência de perdas auditivas foi leve: Não PAIR (59,6%) e PAIR (88,5%).

Quadro 78 - Distribuição quanto ao grau de perda auditiva

Tipo de Perda	Leve N (%)	Mod N (%)	Mod-Sev N (%)	Severa	Profunda	Total N (%)
Sugestiva de PAIR	383 (88,5)	44 (10,2)	6 (1,4)	0	0	433 (100,0)
Não PAIR	137 (59,6)	24(10,4)	20 (8,7)	7(3,0%)	42(17,8%)	230 (100,0)

Legenda: mod = moderada, mod-sev = moderada-severa

(Fonte: Ana Régis, Karla Crispim e Aldo Ferreira, 2014)

Neste estudo, a prevalência de perda auditiva estimada foi de 44,23% sendo 28,89% de PAIR. Num estudo de efeitos do ruído em trabalhadores de marmorárias do Distrito Federal a prevalência de dano auditivo encontrada foi de 48% da amostra avaliada, sendo a frequência de 6000 Hz mais afetada, particularmente em orelha esquerda(160).

No que se refere a essa assimetria, a orelha esquerda é mais suscetível à lesão por ruído, contudo, não se apresentam, na pesquisa em questão, evidências para esta afirmação.

Num estudo comparativo da prevalência de PAIR em profissionais do som (técnicos de som, sonoplastas, operadores de áudio, operadores e editores de VT e operadores de microfone) e não-profissionais do som encontrou-se nos primeiros uma prevalência de perda auditiva de 57,3% e nos demais 15,8%(161).

Numa pesquisa sobre condições da saúde auditiva de trabalhadores expostos ao ruído ocupacional(162), evidenciaram-se 50% com audição “normal”, 31,25% com “normal com entalhe”, o que sugere desencadeamento de PAIR, 13,5% de prevalência de “perdas auditivas sugestivas de PAIR” e 6,25% como “outras alterações audiométricas”.

A história natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído revelou que os trabalhadores que têm até 10 anos de exposição ao ruído poderão apresentar perda auditiva instalada. Apesar de nesse grupo a lesão se encontrar em estágio inicial, os danos já são irreversíveis e facilmente detetados por meio do exame audiométrico(163).

Neste estudo, os trabalhadores com idade acima de 45 anos e com tempo de serviço superior a 21 anos foram os mais suscetíveis ao dano auditivo pela exposição contínua a ruído ocupacional.

Outro estudo encontrou evidências de que a audição de adultos do sexo masculino é cerca de 4 dB mais baixa à esquerda relativamente à orelha direita(164). Segundo *Leme*(165), isso tem sido observado na prática clínica, sendo possível perceber, durante a realização da audiometria, uma melhor resposta da orelha direita em relação à esquerda, porém os possíveis mecanismos fisiológicos para essa diferença parecem ser desconhecidos.

Em pesquisa realizada numa indústria têxtil a prevalência de PAIR foi 28,3% PAIR. A faixa etária mais acometida foi entre 50 a 64 anos. Os trabalhadores com mais de 20 anos de empresa foram os mais afetados (42,9%)(166). Outra pesquisa numa população de trabalhadores industriais da região metropolitana de Salvador, a prevalência de perda auditiva foi 45,9% e de PAIR de 35,7%(167).

Quanto ao grau, a presente pesquisa encontrou um percentual maior de perdas leves (88,5%), achado semelhante a outros estudos epidemiológicos, comparáveis, segundo os critérios estabelecidos para definição de perda auditiva induzida por ruído e em relação à prevalência destas em trabalhadores da indústria. Fundamenta-se assim, com alguns dados que corroboram os achados na evolução do conhecimento científico sobre o tema.

Estudos sobre incidência de PAIR são escassos na literatura brasileira, pois implica num acompanhamento longitudinal de anos de registo dos exames audiométricos dos trabalhadores.

Num estudo que acompanhou 80 trabalhadores metalúrgicos durante três anos, verificou-se prevalência final de 63,75% de Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE), e incidência de 23,75%(168).

Este estudo revelou o perfil audiológico dessa população com maior prevalência de perdas auditivas do tipo sensorioneural, bilateral e grau leve. A incidência de perda auditiva do tipo sugestiva de PAIR foi 19,70% e a prevalência de 48,89%. Verificou-se ainda que a perda auditiva apresentou associação com a idade e o tempo de serviço.

O termo PAIR sugere o ruído como único responsável pela perda auditiva ocupacional, desconsiderando a nocividade de outros agentes presentes no ambiente de trabalho, como vibrações, radiações e químicos, que são tão ou mais agressivos à saúde auditiva.

Outros fatores individuais, como doenças metabólicas e uso de medicações ototóxicas, também podem potencializar os danos auditivos.

Verifica-se assim a necessidade de ampliar os estudos na área da Saúde do Trabalhador considerando a influência de outros agentes agressores à saúde auditiva, para minimizar ou eliminar tais riscos no ambiente de trabalho.

2.3 Síntese do Conhecimento Atual

A revisão bibliográfica realizada permitiu identificar um conjunto de **trabalhos anteriores** de investigação relacionados com o âmbito deste estudo e que se podem classificar seguidamente em quatro vertentes distintas mas que se intersetam e complementam:

1) Impacto Ambiental

Em **2007**, Artur Neves(95), elaborou um estudo sobre a redução de ruído ambiental numa área de produção industrial, envolvendo:

- ✓ Desenvolvimento e implementação de soluções possíveis para redução do ruído;
- ✓ Identificação das contribuições de ruído dominante, através de:
  - ➢ Análise espectral;
  - ➢ Localização dos pontos quentes acústicos.

Em **2009**, Edivaldo Cordeiro(98), elaborou um estudo sobre a avaliação da poluição do ruído industrial no meio ambiente, de forma a identificar as principais fontes ou atividades causadoras do ruído, envolvendo:

- ✓ Mapeamento computacional da propagação do ruído, propondo medidas de contenção para o seu controlo;
- ✓ Obtenção do campo de propagação computacional do ruído gerado em três fábricas, livres de influência de fontes externas vizinhas;
- ✓ Comparação entre os resultados das medições experimentais nos limites da envolvente das fábricas e os resultados obtidos pela simulação computacional;
- ✓ Deteção de erro, associado à contribuição das fontes externas.

2) Indústria Metalúrgica e Metalomecânica

Em **2012**, Célia Cabral(100), elaborou um estudo sobre análise de vibrações e ruído aplicada à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial:

- ✓ Identificação dos principais componentes presentes numa amostra de três equipamentos industriais causadores de elevados níveis sonoros (superiores ou iguais ao máximo recomendado na legislação portuguesa (85 dB(A) – nível de ação superior);
- ✓ Análise de espectros de ruído e vibração;
- ✓ Relação entre o ruído a que os trabalhadores estão expostos e o tipo de protetor auricular a ser utilizado.

Em **2013**, Daniel Martins e Marcelo de Alencar(101), elaboraram um estudo sobre uma nova abordagem de análise preliminar do ruído presente na nave de uma indústria de grande porte:

- ✓ A metodologia procurou compreender o comportamento do ruído às questões:
  - ➢ Frequências que se destacam;

- Frequências em que ocorrem os picos de potência;
- Apresentação de trechos periódicos nas amostras;
- Existência de modelo que se possa aproximar das amostras recolhidas.

✓ Processamento dos sinais de áudio:

- Densidade espectral de potência do áudio na faixa de 0 – 500 Hz;
- Autocorrelação da amostra.

3) Ferramentas de Informação Geográfica

Em **2004**, José Estevez(2), elaborou um estudo sobre a escolha e utilização de uma ferramenta de informação geográfica do tipo matricial para produção de mapas e gráficos de ruído:

- ✓ Estimativa da influência do ruído numa unidade industrial através de simulação em fase de projeto;
- ✓ Estudo comparativo com modelos alternativos simplificados, recorrendo a técnicas de interpolação de medidas.

Em **2007**, o Autor(96), elaborou um estudo sobre a arquitetura de um sistema de gestão do ruído em ambiente industrial:

- ✓ Recurso à metodologia de interpolação de triângulos irregulares (*TIN*) para produção de mapas e gráficos de ruído;
- ✓ Avaliação do risco da exposição dos trabalhadores aos níveis de ruído em função da sua localização e tempo de permanência no local;
- ✓ Recomendação de um programa de medidas para redução do ruído.

4) Sistemas Indicadores de Ruído

Em **2008**, Fábio Setúbal(97), elaborou um estudo sobre o desenvolvimento de um indicador de faixa de nível de pressão sonora de baixo custo, atuando como sistema permanente de monitorização de ruído:

- ✓ Visualização de três conjuntos luminosos: verde, amarelo e vermelho, quanto ao nível de ruído presente no ambiente em análise, em decibel ponderado na escala “A”, dB(A).

Em **2010**, Diogo Lopes, Rodrigo Catai, Rafael Agnoletto, Adalberto Matoski, Arildo Cordeiro e Élbio Maich(99), elaboraram um estudo sobre a gestão do ruído industrial por meio da criação de um índice comparativo de ruído ocupacional, com as seguintes características:

- ✓ Significativo para a avaliação do sistema;
- ✓ Válido, objetivo e consistente;
- ✓ Coerente e sensível às modificações;
- ✓ Claro sobre o que for avaliado, de que forma, por quanto tempo e porque ocorre a avaliação.

A revisão bibliográfica realizada permitiu ainda identificar um conjunto de estudos epidemiológicos relacionados com o âmbito deste estudo e incidindo sobre a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), o Grau de Deficiência Auditiva, o Ruído Ocupacional Excessivo e o Zumbido, apresentados seguidamente de forma cronológica.

Em **2005**, Maximiliano Guerra; Paulo Lourenço, Maria Teixeira e Márcio Alves(104), elaboraram um estudo analítico sobre a prevalência dos casos sugestivos de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) em trabalhadores metalúrgicos, potencialmente expostos ao ruído ocupacional (83 a 102 dB), recorrendo como base de metodologia a:

- ✓ Programa de Conservação Auditiva (PCA);
- ✓ Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA);
- ✓ Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR).

Em **2007**, Adel Díaz e Bianka Méndez(114), elaboraram um estudo sobre a determinação do Grau de Deficiência Auditiva em trabalhadores expostos a ruído industrial, recorrendo a:

- ✓ Quantificação dos níveis de ruído existentes nos diferentes postos de trabalho;
- ✓ Definição do dano acústico por trabalhador resultante do exame audiométrico;
- ✓ Influência da idade, do sexo, da ocupação e do tempo de exposição;
- ✓ Demostração da presença de perda auditiva profissional nos trabalhadores.

Em **2011**, António Mendes(10), elaborou um estudo analítico sobre a perda auditiva em trabalhadores potencialmente expostos a Ruído Ocupacional Excessivo, recorrendo a:

- ✓ Verificação da existência de uma correlação entre a perda auditiva, a idade e a exposição (tempo e nível sonoro):
  - ➢ Estudos gerais do ruído;
  - ➢ Exames audiométricos;
  - ➢ Inquéritos;
  - ➢ Análise e tratamento estatístico.

Em **2011**, Sandra Weber e Eduardo Périco(136), elaboraram um estudo sobre a verificação das características, da prevalência e da repercussão do Zumbido em trabalhadores expostos ao ruído, realizando:

- ✓ Estimativa da ocorrência do zumbido, relacionando-o com a exposição ao ruído e com a perda auditiva;
- ✓ Avaliação da gravidade do zumbido na vida do trabalhador;
- ✓ Identificação dos fatores que melhoram ou pioram a perceção do zumbido;
- ✓ Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA);
- ✓ Análise estatística:
  - ➢ Correlação de *Spearman*;
  - ➢ Testes: χ^2, "*t*" de *Student* e "G".

Em **2013**, António Beça(157), elaborou um estudo sobre a incidência e a prevalência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) em trabalhadores de uma indústria metalúrgica, recorrendo como base de metodologia a:

- ✓ Análise em Componentes Principais (ACP):
  - ➢ Relação entre exposição ao ruído e perdas auditivas;
  - ➢ Relação entre idade e banda de frequência de 500 Hz do ouvido esquerdo;
  - ➢ Tempo de exposição.

Em **2014**, Cristina Régis, Karla Crispim e Aldo Ferreira(158), elaboraram um estudo estimativo sobre a incidência e a prevalência de deficit auditivo sugestivo de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), em trabalhadores de uma empresa do ramo da metalomecânica:

- ✓ Associação com idade e tempo de serviço, recorrendo como base de metodologia a:
  - ➢ Curva audiométrica compatível com a normalidade;
  - ➢ Curva audiométrica sugestiva de PAIR;
  - ➢ Classificação da perda auditiva de *Silman & Silverman*.

2.4 Legislação e Regulamentação

A segurança e proteção da saúde dos trabalhadores, contra os perigos resultantes do ruído, enquadram-se em diplomas legais, regulamentos e normas, seguidamente identificados.

2.4.1 Legislação portuguesa e europeia

Apresenta-se no Quadro 79, a legislação portuguesa e europeia, publicada até ao ano de 2015 e relacionada com o agente físico ruído.

Quadro 79 - Legislação portuguesa e europeia sobre o ruído

Ano	Diploma	Número	Conteúdo
2014	Lei	3	Estabelece o regime jurídico aplicável à: a) Promoção da segurança e da saúde no trabalho, incluindo a prevenção, de acordo com o previsto no artigo 284.º do Código do Trabalho, aprovado pela Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro; b) Proteção de trabalhadora grávida, puérpera ou lactante em caso de atividades suscetíveis de apresentar risco específico de exposição a agentes, processos ou condições de trabalho, de acordo com o previsto no n.º 6 do artigo 62.º do Código do Trabalho; c) Proteção de menor em caso de trabalhos que, pela sua natureza ou pelas condições em que são prestados, sejam prejudiciais ao seu desenvolvimento físico, psíquico e moral, de acordo com o previsto no n.º 6 do artigo 72.º do Código do Trabalho.
2009	Lei	7	Código do Trabalho.
2008	Decreto-Lei	96	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.
2007	Decreto-Lei	352	Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais e a Tabela Nacional para Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil.
2007	Decreto-Lei	333	Regulamento do Nível Sonoro à Altura dos Ouvidos dos Condutores de Trator.
2007	Decreto-Lei	60	Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação.
2007	Decreto-Lei	278	Alterações aos artigos 4.º e 15.º do Decreto-Lei 9/2007.
2007	Decreto-Lei	76	Lista das Doenças Profissionais.
2007	Declaração de Retificação	18	Alterações ao artigo 3.º do Decreto-Lei 9/2007.
2007	Decreto-Lei	9	Regulamento Geral do Ruído.
2006	Decreto-Lei	221	Regras para Emissões Sonoras de Equipamento para Utilização no Exterior.
2006	Decreto-Lei	182	Prescrições Mínimas de Segurança e Saúde em Matéria de Exposição dos Trabalhadores aos Riscos devidos aos Agentes Físicos (Ruído).
2006	Declaração de Retificação	57	Alteração do n.º 1 do Anexo I do Decreto-Lei 146/2006.

Ano	Diploma	Número	Conteúdo
2006	Lei	50	Lei-quadro das Contraordenações Ambientais.
2006	Decreto-Lei	146	Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.
2003	Diretiva Europeia	10	Prescrições Mínimas de Segurança e Saúde em Matéria de Exposição dos Trabalhadores aos Riscos devidos aos Agentes Físicos (Ruído).
2002	Decreto-Lei	129	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.
2001	Decreto-Lei	177	Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação.
2000	Decreto-Lei	292	Regime Legal da Poluição Sonora.
1999	Decreto-Lei	555	Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação.
1998	Diretiva Europeia	24/CE	Altera a Diretiva 86/188/CE.
1993	Portaria	988	Prescrições Mínimas de Segurança e de Saúde dos Trabalhadores na Utilização de Equipamentos de Proteção Individual.
1993	Decreto-Lei	348	Prescrições Mínimas de Segurança e de Saúde dos Trabalhadores na Utilização de Equipamentos de Proteção Individual.
1992	Decreto Regulamentar	9	Execução do artigo 2.º do Decreto-Lei 72/92 – Proteção dos Trabalhadores ao Ruído.
1992	Decreto-Lei	72	Quadro Geral de Proteção dos Trabalhadores contra os Riscos da Exposição ao Ruído.
1990	Decreto-Lei	291	Regime do Controlo Metrológico dos Métodos e Instrumentos de Medição.
1989	Portaria	1069	Aprova o Regulamento do Controlo Metrológico dos Sonómetros.
1989	Decreto-Lei	292	Altera algumas disposições do Regulamento Geral sobre o Ruído, Decreto-Lei 251/87.
1989	Diretiva Europeia	391/CEE	Relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho, as medidas de proteção coletiva têm prioridade em relação às medidas de proteção individual.
1987	Decreto-Lei	251	Aprova o Regulamento Geral sobre o Ruído.
1986	Diretiva Europeia	188/CEE	Relativa à proteção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho previa que o Conselho, sob proposta da Comissão, reexaminaria a mesma diretiva, tendo nomeadamente em conta os progressos verificados nos conhecimentos científicos e na tecnologia.
1980	Portaria	702	Alteração da Portaria n.º 53/1971.
1971	Portaria	53	Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.

(Fonte: Legislação Portuguesa e Europeia, 2015)

2.4.2 Normas

Apresentam-se no Quadro 80, as normas portuguesas e internacionais relevantes, publicadas até ao ano de 2015 e relacionadas com o agente físico ruído.

Quadro 80 – Normas relevantes sobre o ruído

Ano	Diploma	Número	Conteúdo
2013	*EN*	61672-1	*Electroacoustics. Sound level meters: Specifications.*
2013	*ISO*	1999	*Acoustics - Estimation of noise-induced hearing loss.*
2012	*ISO*	8253-3	*Acoustics - Audiometric test methods. Part 3 - Speech audiometry.*
2011	NP *ISO*	1996-2	Descreve como podem ser obtidos os níveis de pressão sonora como base para avaliação de ruído ambiente, estabelecendo recomendações aplicáveis como condições preferenciais de medição e calculo, na ausência de outra regulamentação, e fornece orientações para avaliar a incerteza resultante de uma avaliação de ruído.
2011	NP *ISO*	1996-1	Define as grandezas fundamentais a utilizar na descrição do ruído ambiente na comunidade e descreve os procedimentos gerais da sua avaliação especificando os métodos de avaliação; fornece também indicação sobre como prever a potencial resposta ao incómodo de uma comunidade, resultante da exposição de longo prazo a diversos tipos de ruído ambiente.
2010	*ISO*	8253-1	*Acoustics - Audiometric test methods. Part 1 - Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry.*
2010	*ISO*	8253-2	*Acoustics - Audiometric test methods. Part 2 - Sound field audiometry with pure tone and narrow band signals.*
2008	*ANSI*	S12.2	*Criteria for Evaluating Room Noise*
2006	NP *EN*	458	Protetores auditivos. Recomendações relativas à seleção, à utilização, aos cuidados na utilização e à manutenção. Documento guia.
2006	NP *EN*	352-4	Protetores auditivos. Requisitos de segurança e ensaios. Parte 4 – Protetores auriculares dependentes do nível sonoro. (A1:2002)
2005	*EN*	352-4	*Hearing Protectors: Level dependent ear-muffs. (A1:2001)*
2005	NP *EN ISO/IEC*	17025	Requisitos Gerais de Competência para Laboratórios de Ensaios e Calibração.
2004	*ISO/DIS*	11904-2	*Acoustics - Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears. Part 2: Technique using manikim (manikim-technique).*
2004	*EN*	458	*Hearing protectors: selection, use, care and maintenance.*
2004	*EN ISO*	140-14	*Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements: Guidelines for special situations in the field (ISO 140-14:2004).*
2003	NP *EN*	352-4	Protetores auditivos. Requisitos de segurança e ensaios. Parte 4 – Protetores auriculares dependentes do nível sonoro.

Ano	Diploma	Número	Conteúdo
2003	*EN*	60942	*Electroacoustics. Sound calibrators.*
2003	*EN*	12354	*Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements.*
2003	*ISO*	1996-1	*Acoustique - Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement: Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation.*
2003	*ISO*	354	*Acoustics. Measurement of sound absorption in a reverberation room.*
2003	*ISO*	226	*Acoustics - Normal equal-loudness-level contours.*
2002	*EN*	352-8	*Hearing Protectors: Entertainment audio ear-muffs.*
2002	*EN*	352-7	*Hearing Protectors: Level dependent ear-plugs.*
2002	*EN*	352-6	*Hearing Protectors: Ear-muff with electrical audio input.*
2002	*EN*	352-5	*Hearing Protectors: Active noise reduction ear-muffs.*
2002	*EN*	352-3	*Hearing Protectors: Ear-muffs attached to an industrial safety helmet.*
2002	*EN*	352-2	*Hearing protectors. Safety requirements and testing. Ear-plugs.*
2002	*EN*	352-1	*Hearing Protectors: Ear muffs.*
2002	*IEC*	61672-1	*Electroacoustics. Sound level meters: Specifications.*
2002	*ISO/DIS*	11904-1	*Acoustics - Determination of sound immissions from sound sources placed close to the ears. Part 1: Technique using microphones in real ears (MIRE-technique).*
2000	*EN*	12354-6	*Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements: Sound absorption in enclosed spaces.*
2000	*EN*	12354-4	*Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements: Transmission of indoor sound to the outside.*
2000	*EN*	12354-3	*Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements: Airborne sound insulation against outdoor sound.*
2000	*EN*	12354-2	*Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements: Impact sound insulation between rooms.*
2000	*EN*	12354-1	*Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements: Airborne sound insulation between rooms.*
2000	*ISO*	7029	*Acoustics - Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age.*
2000	NP *EN ISO*	140-6	Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção: Medição, em laboratório, do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão *(ISO 140-6:1998).*

Ano	Diploma	Número	Conteúdo
2000	NP *EN ISO*	140-5	Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção: Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachada *(ISO 140-5:1998).*
2000	NP *EN ISO*	140-4	Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção: Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos *(ISO 140-4:1998).*
1998	NP *EN*	352-3	Protetores auditivos. Requisitos de segurança e ensaios. Parte 3 – Protetor auricular montado num capacete de proteção para a indústria.
1998	*EN ISO*	140-7	*Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements: Field measurements of impact sound insulation of floors.*
1997	*ISO*	3382	*Acoustics. Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.*
1997	*ISO/TR*	140-13	*Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements: Guidelines.*
1997	*EN ISO*	140-8	*Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements: Laboratory measurement of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor.*
1997	*ANSI*	S1.43	*Specifications for Integrating-Averaging Sound Level Meters*
1996	NP	1730-3	Acústica – Descrição e medição do ruído ambiente: Aplicação aos limites do ruído.
1996	NP	1730-2	Acústica – Descrição e medição do ruído ambiente: Recolha de dados relevantes para o uso do solo.
1996	NP	1730-1	Acústica – Descrição e medição do ruído ambiente: Grandezas fundamentais e procedimentos.
1996	NP *EN*	352-2	Protetores auditivos. Requisitos de segurança e ensaios. Parte 2 – Tampões auditivos.
1996	NP *EN*	352-1	Protetores auditivos. Requisitos de segurança e ensaios. Parte 1 – Protetores auriculares.
1996	*EN ISO*	797-2	*Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements: Impact sound (ISO 717-2:1996).*
1996	*EN ISO*	797-1	*Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements: Airborne sound (ISO 717-1:1996).*
1996	*ANSI*	S12.19	*American National Standard Measurement of Occupational Noise Exposure*
1995	*EN*	61260	*Electroacoustics. Octave-band and fractional-octave-band filters.*
1995	NP *EN ISO*	389-3	*Acoustics. Standard reference zero for the calibration of pure-tone air conduction audiometers.*

Ano	Diploma	Número	Conteúdo
1995	*EN ISO*	140-3	*Acoustics. Measurement of soud insulation in buildings and a building elements: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.*
1991	*EN ISO*	140-10	*Acoustics. Measurements of sound insulation in buildings and of building elements: Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements.*
1990	*ISO*	1999	*Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.*
1988	NP	3498	Medição da atenuação sonora dos protetores individuais de audição. Método subjetivo.
1988	NP	3497	Ruído aéreo emitido por tratores e por máquinas agrícolas autopropulsionadas.
1988	NP	3496	Acústica – Sonómetros.
1987	*ISO*	1987-3	*Acoustique - Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement: Application aux limites de bruit.*
1987	*ISO*	1987-2	*Acoustique - Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement: Saisie des données pertinentes pour l'utilisation des sols.*
1986	NP	2239	Acústica – Audiómetros.
1985	*EN ISO*	140-9	*Acoustics. Measurements of sound insulation in buildings and of building elements: Laboratory measurement of room-to-room airborne sound insulation of a suspended ceiling with a plenum above it.*
1983	NP	2071	Acústica – Ruído emitido por serras de cadeia portáteis. Medição na posição do operador.
1983	NP	2070	Acústica – Ruído emitido pelas máquinas de terraplanagem. Medição no posto de condução com o veículo parado.
1983	*ANSI*	S1.4 (R2006)	*American National Standard Specification for Sound Level Meters: American National Standards Institute, 1983.*
1981	NP	1733	Acústica – Avaliação de distâncias de inteligibilidade de conversação em ambiente ruidoso.
1981	NP	1732	Acústica – Higiene e Segurança no Trabalho. Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção da audição.
1975	*ISO*	1999	*Acoustics - Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes.*
1971	*ISO*	1999	*Acoustics - Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes.*

(Fonte: Normas Portuguesas e Internacionais, 2015)

2.4.3 Linhas orientadoras do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro

O Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, é a legislação mais recente publicada em Portugal sobre exposição ao ruído no âmbito laboral. Este diploma transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva 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-Lei estabelece o valor limite de exposição e os valores de ação de exposição superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar sempre que sejam atingidos ou ultrapassados esses valores. Em determinadas situações de trabalho, a utilização plena e correta de protetores auditivos individuais é suscetível de causar maiores riscos para a saúde ou segurança, pelo que a Diretiva permite que os Estados membros, ouvidos os parceiros sociais, derroguem a aplicação das referidas medidas.

O presente Decreto-Lei contempla essas derrogações para as referidas situações. Relativamente a locais de trabalho em que a exposição sonora diária é muito variável de um dia para o outro, prevê-se a utilização do nível de exposição sonora semanal para a avaliação da exposição, desde que esse valor não exceda o valor limite de exposição.

O projeto correspondente ao presente Decreto-Lei foi publicado, para apreciação pública, na separata do Boletim do Trabalho e Emprego, 1.ª série, n.º 3, de 9 de janeiro de 2006. Os pareceres emitidos por organizações representativas de trabalhadores e de empregadores, bem como especialistas e outras organizações, foram devidamente ponderados, tendo sido alteradas algumas disposições do projeto de Decreto-Lei.

Nesse sentido, permite-se que as medições do ruído sejam realizadas não apenas por entidades acreditadas mas também por técnicos de segurança do trabalho titulares de certificado de aptidão profissional válido e com formação específica em métodos e instrumentos de medição do ruído no trabalho.

Atualizam-se as designações das grandezas físicas pertinentes, de acordo com as definidas na norma *ISO 1999:1990*[66], nomeadamente os níveis da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o trabalho e o da média semanal dos valores diários de exposição. Clarifica-se a aplicação dos valores limite de exposição e dos valores de ação.

Aperfeiçoa-se a regulamentação dos métodos de cálculo da atenuação dos protetores auditivos. Permite-se que, na determinação da exposição pessoal diária ao ruído, sejam utilizados outros métodos, desde que conformes com a normalização aplicável.

Devido à sua elevada importância na contextualização do problema em estudo são em seguida transcritos alguns dos aspetos mais significativos.

2.4.3.1 Trabalhadores Expostos

É aplicável em todas as atividades dos setores privado, cooperativo e social, da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

[66] *ISO 1999:1990. Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*.

2.4.3.2 Definições

Para os efeitos do presente Decreto-Lei, entende-se por:

a) «Entidade acreditada» a entidade reconhecida pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC), com conhecimentos teóricos e práticos, bem como experiência suficiente para realizar ensaios, incluindo a medição dos níveis de exposição ao ruído;

b) «Exposição pessoal diária ao ruído», $L_{Ex,8h}$, o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado "A", calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas $T_{(índice\ 0)}$, que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A);

c) «Exposição pessoal diária efetiva», $L_{Ex,8h,efect}$, a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB(A);

d) «Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído», a média dos valores de exposição diários, com uma duração de referência de quarenta horas;

e) «Nível de pressão sonora de pico», L_{Cpico}, o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado "C", expresso em dB(C);

f) «Nível sonoro contínuo equivalente», $L_{Aeq,T}$, ponderado "A" de um ruído num intervalo de tempo T, é o nível sonoro, expresso em dB(A);

g) «Nível sonoro ponderado "A"», L_{pA}, o nível da pressão sonora, em dB(A), ponderado de acordo com a curva de resposta normalizada A;

h) «Ruído impulsivo» o ruído constituído por um ou mais impulsos de energia sonora, tendo cada um uma duração inferior a um segundo, e separados por mais de 0,2 segundos;

i) «Valores de ação 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 dos trabalhadores;

j) «Valores limite de exposição» o nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado.

2.4.3.3 Valores Limite de Exposição e Valores de Ação

1 - Os valores limite de exposição e valores de ação, apresentados no Quadro 81, estão estabelecidos em relação a duas variáveis, $L_{Ex,8h}$ e L_{Cpico}, bastando que uma delas seja ultrapassada para que o empregador se veja confrontado com a necessidade de tomar medidas.

$L_{Ex,8h}$ - Exposição pessoal diária ao ruído - nível sonoro contínuo equivalente, ponderado "A", calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas T_0, que abranja todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A), dado pela Equação [23].

$$L_{Ex,8h} = L_{Aeq,T} + 10.log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) = 20.log\frac{p}{p_0} \quad [23]$$

Onde,

p – valor eficaz da pressão sonora (raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores instantâneos da pressão sonora)

p_0 – pressão sonora de referência = 2.10^{-5} Pa

T_e – duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho

T_0 – duração de referência de oito horas (28800 segundos)

$L_{Aeq,T}$ – nível sonoro contínuo equivalente, pela Equação [26], para o período T_e

Quadro 81 – Valores limite de exposição e valores de ação para o ruído

	$L_{Ex,8h}$ dB(A)	L_{Cpico} dB(C)	**Obrigações do Empregador** (quando os valores são ultrapassados)	**Observações**
Valores de Ação Inferior	**80**	**135**	✓ Colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais adequados. ✓ Realizar exames audiométricos de 2 em 2 anos.	
Valores de Ação Superior	**85**	**137**	✓ Assegurar a utilização, pelos trabalhadores, de protetores auditivos individuais e adequados. ✓ Estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas ou organizacionais de forma a reduzir os riscos para os trabalhadores. ✓ Verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos. ✓ Avaliação de riscos realizada no mínimo 1 vez por ano.	Na determinação da exposição do trabalhador ao ruído **não** são tidos em conta os efeitos decorrentes da utilização de protetores auditivos.
Valores Limite de Exposição	**87**	**140**	✓ Tomar medidas imediatas que reduzam a exposição de modo a não exceder os valores limite de exposição. ✓ Identificar as causas da ultrapassagem dos valores limite. ✓ Corrigir as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.	Na determinação da exposição efetiva do trabalhador **é tida** em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos.

(Fonte: Decreto-Lei 182/2006, de 6 de setembro, 2011)

Nota: Os limites estão estabelecidos para $L_{Ex,8h}$ ou para $\overline{L}_{Ex,8h}$ *(média semanal dos valores diários da exposição pessoal)*, dada pela Equação [24]:

$$\overline{L}_{Ex,8h} = 10.log\left(\frac{1}{5}.\sum_{k=0}^{m} 10^{(0,1.L_{Ex,8h})_k}\right) \quad [24]$$

Onde,

$(L_{Ex,8h})_k$ - valores de $L_{Ex,8h}$ para cada um dos (m) dias de trabalho na semana considerada

L_{Cpico} - Nível de pressão sonora de pico - valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado "C", expresso em dB(C), calculado através da Equação [25]:

$$L_{Cpico} = 10.log\left(\frac{p_{Cpico}}{p_0}\right)^2 \quad [25]$$

Onde,

p_{Cpico} – valor da pressão sonora instantânea, ponderado "C", expresso em dB(C)

p_o – pressão sonora de referência = 2.10^{-5} Pa

2 - Para a aplicação dos valores limite de exposição, na determinação da exposição efetiva do trabalhador ao ruído é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos.

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

4 - O empregador assegura que a exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho seja reduzida ao nível mais baixo possível e, em qualquer caso, não superior aos valores limite de exposição.

5 - Nas situações em que sejam ultrapassados os valores limite de exposição, o empregador:

a) Toma medidas imediatas que reduzam a exposição de modo a não exceder os valores limite de exposição;

b) Identifica as causas da ultrapassagem dos valores limite;

c) Corrige as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.

2.4.3.4 Cálculo da Dose Efetiva

No que respeita à avaliação da exposição pessoal diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto ao ruído durante o trabalho quando utiliza corretamente os protetores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava, são utilizados os Quadros I e II (a que se refere o n.º 9 do artigo 4.º) do Anexo III e o Quadro constante do Anexo V do referido Decreto-Lei, para apuramento e registo dos valores das doses equivalentes e efetivas pertinentes.

2.4.3.5 Metodologias e Instrumentos para a Determinação da Exposição do Trabalhador ao Ruído

1 - A medição do ruído é efetuada de acordo com o estabelecido nos Anexos I (Medição do Ruído) e II (Instrumentos de Medição) do Decreto-Lei em análise, de forma a permitir a determinação da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído $L_{Ex,8h}$, assim como a determinação do nível da pressão sonora de pico L_{Cpico} a que cada trabalhador está exposto.

2 - Aspetos a ter em consideração na medição:

a) Calibração do equipamento no início e no final de cada medição ou série de medições;

b) Posição de medição:

- As medições devem ser realizadas, sempre que possível, na ausência do trabalhador com a colocação do microfone na posição em que se situaria a orelha mais exposta;
- Quando tal não seja possível, o microfone deve ser colocado a uma distância de entre 0,10 m e 0,30 m em frente à orelha mais exposta do trabalhador – idêntica distância deve ser considerada na utilização dos dosímetros;
- A direção de referência do microfone deve ser, se possível, a do máximo ruído, obtido por um varrimento angular do microfone em torno da posição de medição.

c) Intervalo de tempo de medição:

- Escolhido de modo a medir e a englobar todas as variações importantes dos níveis sonoros nos postos de trabalho e de modo a que os resultados obtidos evidenciem repetibilidade;
- Pode ser subdividido em intervalos de tempo parciais com o mesmo tipo de ruído, designadamente pelo ruído correspondente às diferentes atividades do posto de trabalho ou do seu ambiente de trabalho;
- Pode corresponder à duração total da atividade, a uma parte desta duração e a várias repetições da atividade, de modo que seja possível obter níveis de exposição sonora ou níveis sonoros contínuos equivalentes, ponderados "A", estabilizados a mais ou menos 0,5 dB(A).

2 - Instrumentos a utilizar na medição, Figura 201:

a) Cumprir no mínimo os requisitos equivalentes para os equipamentos de classe 2, sendo preferível a utilização de sonómetros de classe 1, para uma maior exatidão das medições; uso de sonómetros integradores quando o ruído apresente variações de grande amplitude do L_{pA} ou para períodos de exposição do trabalhador irregulares; Dosímetros: que permitam determinar, o $L_{Aeq,T}$, ou o $L_{Ex,8h}$ e o L_{Cpico}. Estejam calibrados segundo o critério *ISO*, ao duplicar a energia sonora recebida, $L_{Ex,8h}$ aumenta 3 dB(A);

Figura 201 – Exemplo de um sonómetro e de um dosímetro

(Fonte: Svantek, 2011)

3 - A medição do ruído é ainda objeto de registo;

2.4.3.6 Avaliação de Riscos

1 - Nas atividades suscetíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, o empregador procede à avaliação de riscos, tendo, nomeadamente, em conta os seguintes aspetos:

a) O nível, a natureza e a duração da exposição, incluindo a exposição ao ruído impulsivo;

b) Os valores limite de exposição e os valores de ação;

c) Os efeitos eventuais sobre a segurança e a saúde dos trabalhadores particularmente sensíveis aos riscos a que estão expostos;

d) Os efeitos indiretos sobre a segurança dos trabalhadores resultantes de interações entre o ruído e as substâncias ototóxicas presentes no local de trabalho e entre o ruído e as vibrações;

e) Os efeitos indiretos entre a segurança e a saúde dos trabalhadores resultantes de interações entre o ruído e os sinais sonoros necessários à redução do risco de acidentes, nomeadamente os sinais de alarme;

f) As informações prestadas pelo fabricante do equipamento de trabalho, de acordo com a legislação específica sobre a conceção, o fabrico e a comercialização do mesmo;

g) A existência de equipamentos de substituição concebidos para reduzir os níveis de emissões sonoras;

h) O prolongamento da exposição durante a realização de períodos de trabalho superiores ao limite máximo do período normal de trabalho;

i) A informação adequada resultante da vigilância da saúde, bem como informação publicada sobre os efeitos do ruído na saúde;

j) Disponibilidade de protetores auditivos com as características de atenuação adequada.

2 - A avaliação de riscos é atualizada 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.

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

4 - A avaliação de riscos deve ser registada em suporte de papel ou digital.

2.4.3.7 Redução da Exposição

1 - O empregador utiliza 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.

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

a) Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição ao ruído;

b) 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 conceção e cujo fabrico respeitem o objetivo ou o efeito da limitação da exposição ao ruído;

c) Conceção, disposição e organização dos locais e dos postos de trabalho;

d) Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição ao ruído;

e) Medidas técnicas de redução do ruído, nomeadamente barreiras acústicas, enclausuramento 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;

f) Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e dos sistemas aí existentes;

g) Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade da exposição;

h) Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados.

3 - Nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos valores de ação superior, o empregador estabelece e aplica um programa de medidas técnicas e organizacionais que tenha em conta o disposto no número anterior.

4 - 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.

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

6 - O empregador adapta as medidas referidas nos números anteriores a trabalhadores particularmente sensíveis aos riscos resultantes da exposição ao ruído.

7 - Para eliminar ou reduzir os riscos resultantes da exposição ao ruído, além dos modos referidos no anterior número 2, o empregador pode também aplicar medidas referidas na lista indicativa do anexo IV do presente Decreto-Lei.

2.4.3.8 Medidas de Proteção Individual

1 - Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados por outros meios, o empregador põe à disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual no trabalho que obedeçam à legislação aplicável e sejam selecionados, no que respeita à atenuação que proporcionam, de acordo com o anexo V do presente Decreto-Lei.

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

a) Coloca à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais sempre que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores;

b) Assegura a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de ação superiores;

c) Assegura que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição;

d) Aplica medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos e controla a sua eficácia.

2.4.3.9 Informação e Formação aos Trabalhadores

1 - O empregador, sem prejuízo do disposto na legislação geral em matéria de informação e consulta, assegura aos trabalhadores expostos a níveis de ruído iguais ou acima dos valores de ação inferiores, assim como aos seus representantes para a segurança, higiene e saúde no trabalho, informação e, se necessário, formação adequada sobre:

a) Os riscos potenciais para a segurança e a saúde derivados da exposição ao ruído durante o trabalho;

b) As medidas tomadas para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição ao ruído;

c) Os valores limite de exposição e os valores de ação;

d) Os resultados das avaliações e das medições do ruído efetuadas, acompanhados de uma explicação do seu significado e do risco potencial que representam;

e) A correta utilização dos protetores auditivos;

f) A utilidade e a forma de detetar e notificar os indícios de lesão;

g) As situações em que os trabalhadores têm direito à vigilância da saúde;

h) As práticas de trabalho seguras que minimizem a exposição ao ruído.

2 - A informação deve, tendo em conta o resultado da avaliação, ser prestada de forma adequada, oralmente ou por escrito, nomeadamente através de formação individual dos trabalhadores, e ser periodicamente atualizada de modo a incluir qualquer alteração verificada.

2.4.3.10 Informação e Consulta aos Trabalhadores

O empregador assegura a informação e a consulta dos trabalhadores e dos seus representantes para a segurança, higiene e saúde no trabalho sobre a aplicação das disposições do presente Decreto-Lei, nos termos previstos na legislação geral, designadamente sobre:

b. A avaliação dos riscos e a identificação das medidas a tomar;

c. As medidas destinadas a reduzir a exposição;

d. A seleção de protetores auditivos.

2.4.3.11 Vigilância da Saúde

1 - Sem prejuízo das obrigações gerais em matéria de saúde no trabalho, o empregador assegura 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.

2 - A vigilância da saúde referida no número anterior deve:

a) Detetar 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 detetar a doença ou os efeitos nocivos para a saúde.

3 - O empregador assegura ao trabalhador que tenha estado exposto a ruído acima dos valores de ação superiores a verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos.

4 - O empregador assegura ao trabalhador que tenha estado exposto a ruído acima dos valores de ação inferiores a realização de exames audiométricos de dois em dois anos.

5 - Os audiómetros utilizados na realização dos exames referidos nos números anteriores devem cumprir os requisitos da normalização em vigor e ser calibrados periodicamente.

2.4.3.12 Resultado da Vigilância da Saúde

1 - Se o resultado da vigilância da saúde revelar que o trabalhador sofre de uma doença ou de uma afeção resultante da exposição ao ruído no local de trabalho, o médico de trabalho.

a) Informa 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) Comunica 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.

2 - O empregador, tendo em conta o referido na alínea b) do número anterior:

a) Repete a avaliação de riscos realizada;

b) Revê as medidas adotadas para eliminar ou reduzir os riscos, com base no parecer do médico do trabalho, bem como a possibilidade de atribuir ao trabalhador em causa outras tarefas compatíveis com a sua categoria profissional em que não haja risco de exposição;

c) Promove a vigilância contínua da saúde e assegura o exame de saúde de qualquer outro trabalhador que tenha estado exposto de forma idêntica, nomeadamente a realização de exames médicos adequados.

2 - O trabalhador tem acesso, a seu pedido, ao registo de saúde que lhe diga respeito.

2.4.3.13 Conservação do Registo de Arquivos de Documentos

1 - O empregador, sem prejuízo das obrigações gerais dos serviços de segurança, higiene e saúde no trabalho em matéria de registos de dados e conservação de documentos, organiza registos de dados e mantém arquivos atualizados sobre:

a) Os resultados da avaliação de riscos, bem como os critérios e os procedimentos da avaliação, os métodos de medição e os ensaios utilizados;

b) A identificação dos trabalhadores expostos com a indicação, para cada trabalhador, do posto de trabalho ocupado, da natureza e, se possível, do grau de exposição a que esteve sujeito;

c) Os resultados da vigilância da saúde de cada trabalhador, com a referência ao posto de trabalho, aos exames de saúde e exames complementares realizados e a outros elementos considerados úteis pelo médico responsável, tendo em conta a confidencialidade dos referidos dados;

d) A identificação do médico responsável pela vigilância da saúde.

2 - Os registos e arquivos referidos no artigo anterior devem ser conservados durante, pelo menos, 30 anos após ter terminado a exposição dos trabalhadores a que digam respeito.

3 - Por cessação da atividade, os registos e arquivos devem ser transferidos para o Centro Nacional de Proteção contra os Riscos Profissionais, que assegura a sua confidencialidade.

2.4.3.14 Fiscalização e Contraordenações

A fiscalização é garantida pela Autoridade para as Condições do Trabalho, responsável pela promoção da melhoria das condições de trabalho em todo o território continental através do controlo do cumprimento do normativo laboral no âmbito das relações laborais privadas e pela promoção da segurança e saúde no trabalho em todos os setores de atividade privados, regendo-se o regime de contraordenações aplicáveis às infrações do presente Decreto-Lei pela Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro, que aprova o Código do Trabalho.

2.4.3.15 Entrada em vigor

O referido Decreto-Lei entrou em vigor 30 dias após a data da sua publicação, ou seja, tendo sido publicado em 6 de setembro de 2006, entrou em vigor a 6 de outubro de 2006.

2.4.4 Regulamento geral de SHT nos estabelecimentos industriais

O Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais, aprovado pela Portaria n.º 53/71, de 3 de fevereiro, e alterado pela Portaria 702/80, de 22 de setembro, tem por objetivo a prevenção técnica dos riscos profissionais e a higiene nos estabelecimentos industriais.

Na Secção IV é abordada a temática “Ruído e Vibrações”, artigo 26.º e 27.º, que inclui as seguintes considerações:

a) Nos locais de trabalho, devem eliminar-se ou reduzir-se os ruídos e vibrações prejudicais ou incómodos.

b) Recomendação: recomenda-se que os valores limite de exposição ao ruído e às vibrações não ultrapassem os indicados em normas portuguesas.

c) Nas situações em que haja riscos devidos ao ruído e às vibrações devem os mesmos ser eliminados ou reduzidos através de medidas técnicas adequadas e ou pela adoção de medidas complementares de organização do trabalho.

d) Quando estas medidas não reduzirem o ruído e as vibrações até aos limites recomendados, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores os dispositivos de proteção individual adequados.

Observa-se que as inscrições contidas neste regulamento, e que dizem respeito ao ruído, estão também contidas no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro. Dá-se prioridade às ações que visam a redução ou eliminação do ruído na fonte, e a exposição dos trabalhadores, através de medidas técnicas e de organização do trabalho que protejam preferencialmente o coletivo de trabalho, face às medidas de proteção individual.

Tais medidas traduzem, no fundo, a transversalidade dos princípios gerais de prevenção, contidos no Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho (Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro), que visam atingir aquilo que o Código do Trabalho, Lei nº 7/2009, de 12 de fevereiro, preconiza no artigo 281.º “os trabalhadores têm direito a prestar trabalho em condições de segurança e saúde”.

2.4.5 Caracterização legal das doenças originadas pelo ruído

O Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho, indica a lista de doenças que podem ser consideradas de origem profissional e um índice codificado associado. No capítulo referente às doenças provocadas por agentes físicos constam com o código 42.01 as doenças profissionais originadas pela exposição ao ruído, como indicado no Quadro 82.

O fator de risco considerado para este grupo de doenças profissionais é a exposição ao ruído. A doença profissional indicada é a hipoacusia de perceção bilateral por lesão coclear irreversível (com ou sem acufenos), frequentemente simétrica, afetando preferencialmente as altas frequências, devida a traumatismo sonoro. O prazo indicativo para o desenvolvimento desta doença profissional é de 1 (um) ano.

A referida legislação inclui também uma lista exemplificativa dos trabalhos suscetíveis de provocar a doença por exposição ao ruído, designadamente todos os trabalhos que impliquem exposição a níveis sonoros elevados, como por exemplo: em caldeiraria; martelagem, rebitagem e estampagem de metais; em teares de lançadeira; estampagem de tecidos; martelagem e perfuração pneumática; em salas de máquinas de navios; com máquinas rotativas na indústria gráfica; em linhas de enchimento (de garrafas, de barris, etc.) na indústria alimentar; com máquinas ou equipamentos ruidosos; emprego ou destruição de munições ou explosivos; na proximidade de motores de explosão ou propulsão e de reatores; em discotecas, salas de diversão ou outros ambientes ruidosos.

Quadro 82 - Doenças profissionais originadas por exposição ao ruído

Código	**42.01 - Doenças provocadas por agentes físicos**	
Fatores de risco	Ruído	
Doenças ou outras manifestações clínicas e caracterização (prazo indicativo)	Hipoacusia de perceção bilateral por lesão coclear irreversível (com ou sem acufenos), frequentemente simétrica, afetando preferencialmente as altas frequências, devida a traumatismo sonoro.	1 ano
Lista exemplificativa dos trabalhos suscetíveis de provocar a doença	Todos os trabalhos que impliquem exposição a níveis sonoros elevados, como por exemplo: - Trabalhos em caldeiraria; - Martelagem, rebitagem e estampagem de metais; - Trabalhos em teares de lançadeira; - Trabalhos de estampagem de tecidos; - Trabalhos com martelos e perfuradores pneumáticos; - Trabalhos em salas de máquinas de navios; - Trabalhos com rotativas na indústria gráfica; - Trabalhos em linhas de enchimento (de garrafas, de barris, etc.) na indústria alimentar; - Trabalhos efetuados com máquinas ou equipamentos ruidosos; - Emprego ou destruição de munições ou explosivos; - Trabalhos na proximidade de motores de explosão ou propulsão e de reatores; - Trabalho em discotecas, salas de diversão ou outros ambientes ruidosos.	

(Fonte: Lista das Doenças Profissionais - Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho)

Importa referir que o n.º 3 do artigo 283.º do Código do Trabalho (Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro) também considera que a lesão corporal, a perturbação funcional ou a doença não incluídas na lista de doenças profissionais serão indemnizáveis, desde que se provem serem consequência, necessária e direta, da atividade exercida e não representem normal desgaste do organismo.

2.4.6 Decreto-Lei n.º 352/2007, de 23 de outubro

Este Decreto-Lei aprova a Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais e a Tabela Nacional para Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil, a partir das quais se calcula a incapacidade do sinistrado ou doente e consequente direito à reparação.

No que concerne à otorrinolaringologia (capítulo IV), são de destacar os seguintes aspetos:

- ✓ A Surdez profissional é um conceito médico-legal, e não apenas clínico;

- ✓ Para avaliar, de forma efetiva, a ação do ruído sobre a cóclea, do ponto de vista lesivo, interessa caracterizá-lo como sono traumático. O ruído do posto de trabalho só é sono traumático a partir de L_{Aeq} = 87 dB;
- ✓ Os silêncios ou locais com ruído com nível não traumático permitem a recuperação da audição, sem lesão da cóclea. Nestes casos trata-se de fadiga auditiva, que é reversível sem sequelas. Por isso a pressão sonora destes locais deve entrar no cálculo do L_{eq} em dB(A), quando o posto de trabalho for móvel, para efeitos de reparação;
- ✓ A ausência do estudo do ruído nos postos de trabalho e a ausência de medidas de prevenção nos locais e ambientes de trabalho responsabilizam os empregadores por quaisquer danos para os trabalhadores. O não uso de protetores auriculares pelo trabalhador, quando fornecidos pelo empregador, é considerado como atitude dolosa do trabalhador;
- ✓ O chamado escotoma, vale ou entalhe centrado nos 4000 Hz, no traçado audiométrico, como dado isolado, não permite o diagnóstico de trauma sonoro, por não ser patognomónico (sinal próprio e característico da doença). Este acidente do traçado pode ocorrer noutras situações que nada têm a ver com o ruído;
- ✓ O diagnóstico de surdez profissional deve basear-se sempre em três fatores:
  - Tempo mínimo de exposição;
  - Ruído com características sono traumáticas;
  - Imagem de lesão no traçado audiométrico.
- ✓ Ao L_{Aeq} (dB) do posto de trabalho deve ser subtraído o coeficiente de atenuação do protetor auricular, efetivamente usado pelo trabalhador, para ser obtido o valor verdadeiro da pressão sonora que atinge ou atingiu a cóclea do trabalhador;
- ✓ Nos traçados audiométricos:
  - O simples escotoma centrado nos 4000 Hz não permite o diagnóstico de surdez profissional;
  - O teste de *Rinne*[67] fechado ou quase fechado não traduz lesão coclear pelo ruído;

[67] Exame clínico realizado para avaliar a audição. Compara a perceção dos sons transmitidos pelo ar ou através da condução óssea através do osso temporal (p. mastoide). Desta maneira, pode-se rapidamente suspeitar se uma pessoa tem perda auditiva condutiva. Um teste de *Rinne* deve sempre ser acompanhado por um teste de Weber para também detetar perda auditiva neurosensorial e, desta maneira, confirmar a natureza da perda auditiva. O teste de *Rinne* recebe este nome em homenagem ao otologista alemão *Heinrich Adolf Rinne* (1819-1868). É realizado colocando-se um diapasão vibrante (512 ou 256 Hz) no processo mastoide até que o som não seja mais ouvido pelo paciente. Em seguida, após o paciente confirmar que não escutou mais o som, o diapasão é colocado imediatamente ao lado do ouvido a ser testado. Num exame normal, o som é audível quando o diapasão é colocado ao lado do ouvido. Numa orelha normal, a condução aérea (CA) é melhor que a condução óssea (CO): CA > CO, é conhecido como um teste de *Rinne* positivo; Na perda auditiva condutiva, a condução óssea é melhor que a aérea: CO > CA, é um teste de *Rinne* negativo; Na perda auditiva neurosensorial, a condução óssea e a condução aérea são igualmente diminuídas, mantendo uma relativa diferença de: CA > CO, sendo um teste de *Rinne* positivo; Em pacientes com perda auditiva neurosensorial, pode haver um teste de *Rinne* falso negativo: CO > CA, um *Rinne* negativo.

- A simples inclinação do traçado audiométrico sobre as frequências agudas não traduz surdez profissional, antes senescência (envelhecimento) da cóclea ou lesão de outra origem e, só por si, nunca permite o diagnóstico de surdez profissional.

✓ Existe nexo de causalidade quando estão reunidos e bem caracterizados:

- O tempo mínimo de exposição efetiva ao ruído;
- A característica sono traumática desse mesmo ruído no posto de trabalho;
- Só neste caso o escotoma de 4000 Hz, no traçado audiométrico, pode impor o diagnóstico de surdez profissional, se outra causa não for identificada.

✓ Hipoacusia:

- As perdas médias ponderadas devem ser calculadas sobre as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. A perda média é a média aritmética ponderada das perdas observadas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, sendo os coeficientes de ponderação, respetivamente, 2, 4, 3 e 1.
- O direito à indemnização ou reparação ocorre a partir de 35 dB de perdas médias ponderadas no melhor ouvido.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, desenvolve-se e implementa-se uma metodologia de trabalho que permita avaliar os riscos causados pelo ruído presente numa unidade industrial da indústria metalúrgica e metalomecânica.

Caracteriza-se o setor metalúrgico e metalomecânico, bem como as instalações industriais onde serão efetuadas as medições e estudam-se os processos de fabrico da unidade de produção de sistemas de vedações metálicas.

Identificam-se as diversas situações onde podem ocorrer níveis de exposição significativos ao ruído, originadas pelas diferentes máquinas em operação, constituindo-se assim uma base importante de informação para recurso às medidas corretivas e preventivas com potencial de aplicação sobre as fontes emissoras, enquanto efeito de proteção coletiva.

Procede-se a uma avaliação individual de exposição pessoal diária ao ruído, por recurso a uma análise espectral detalhada conducente à adequada seleção de protetores auditivos.

Propõe-se um modelo de sistema de aquisição, registo e tratamento de sinais sonoros que permita uma análise detalhada do ruído e do seu impacto sobre os trabalhadores, recorrendo a mapas e gráficos com informação estatística e de influência do ruído no espectro de frequências.

3.1 Metodologia de Trabalho

Tendo presente o objetivo geral enunciado para o trabalho a desenvolver, apresenta-se agora uma proposta de metodologia para a avaliação dos riscos para a saúde dos trabalhadores, resultantes da exposição ocupacional ao ruído numa indústria metalúrgica e metalomecânica.

Pretende-se assim conseguir a concretização dos objetivos específicos, designadamente, a realização dos trabalhos de campo e o desenvolvimento de ações de prevenção e de proteção que permitam reduzir o nível de exposição dos trabalhadores ao ruído, com vista à proteção da sua saúde.

Após um enquadramento prévio sobre os procedimentos essenciais a considerar em medições de ruído, o tipo de informação a analisar, os métodos a aplicar, a instrumentação a utilizar, as regras a observar e os modelos de previsão, procedeu-se à aplicação de uma metodologia que consiste essencialmente nos seguintes passos:

j) Caracterização da unidade industrial metalúrgica e metalomecânica, beneficiária deste estudo.

k) Caracterização das atividades desenvolvidas, das fontes emissoras de ruído e dos locais de trabalho.

l) Realização de medições com um sonómetro, em todos os locais de trabalho, recolhendo informação sobre os níveis de pressão sonora em bandas de oitava.

m) Análise espectral do ruído em cada posto de trabalho.

n) Avaliação da exposição pessoal diária dos trabalhadores ao ruído.

o) Apresentação de medidas de controlo, prevenção e proteção coletivas e individuais para eliminação/minimização do risco da exposição ao ruído.

p) Seleção adequada dos protetores auditivos, a utilizar pelos trabalhadores expostos a níveis elevados de ruído.

q) Proposta de um modelo de sistema de aquisição, registo e tratamento de sinais sonoros que permita uma análise detalhada do ruído e do seu impacto sobre os trabalhadores.

r) Recurso a mapas e gráficos com informação estatística e de influência do ruído no espectro de frequências.

3.2 Medição do Ruído

Quando se pretende descrever um sinal sonoro, para além da pressão, é imprescindível considerar-se a frequência do mesmo, a qual representa o número de oscilações por segundo, da pressão em relação à pressão atmosférica, sendo igual ao valor inverso do período (T) da onda sonora, medindo-se em Hertz (Hz). Tipicamente, os sons/ruídos são constituídos por uma sobreposição de mais do que uma frequência, designando-se portanto como sons/ruídos complexos, ao invés de sons/ruídos puros (constituídos por uma única frequência)(10).

3.2.1 Bandas de oitava

A análise de um fenómeno acústico deve, por isso, ter em consideração o respetivo espectro sonoro, ou seja, o nível de pressão sonora correspondente a cada frequência. Dado que uma análise detalhada para cada uma das frequências (centenas ou milhares) se tornaria demasiado exigente, estas são agrupadas em intervalos de frequências de largura normalizada. A gama audível compreende o intervalo [20; 20000] Hz, estando dividida em 10 grupos de frequência designados por oitavas, estando estas por sua vez subdivididas em 3 grupos de terços de oitava(10).

Tal como em relação à amplitude do som, o ouvido humano também não responde de forma linear em relação às variações em frequência. Por exemplo, para o ouvido humano a diferença entre um som de 250 Hz e um de 125 Hz é próxima da diferença entre um som de 2000 Hz e um de 1000 Hz(169).

Quando são necessárias informações mais detalhadas sobre um sinal complexo, a faixa de frequências de 20 Hz a 20 kHz pode ser subdividida em secções com largura de um oitava, ou de um terço de oitava. Isso é conseguido por meio de filtros eletrónicos que rejeitam todos os sinais de frequências fora da banda selecionada. Por exemplo, um filtro de uma oitava, com frequência central a 1 kHz, permite que sejam medidos sons na faixa de 707 Hz a 1410 Hz, mas rejeita todos os demais(170).

Desta forma, surge a representação, em termos de frequência, em forma de oitavas. Nestas bandas por oitavas, o limite superior de cada banda de frequência é aproximadamente o dobro do respetivo limite inferior, sendo habitualmente associada a banda de oitava à sua frequência central, Figura 202, dada pela raiz quadrada do produto dos dois limites. Para além das bandas de oitava podem ainda definir-se partições em bandas de 1/n de oitava, sendo a partição mais usual a de 1/3 de oitava(170).

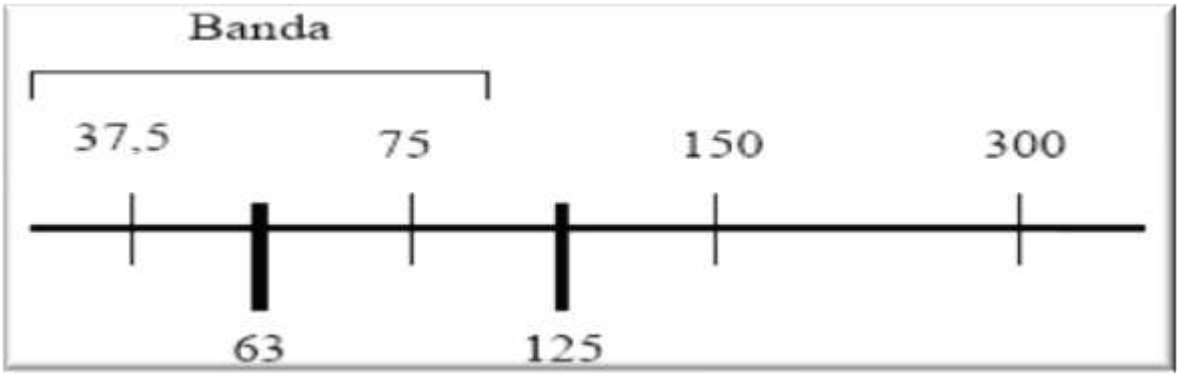


Figura 202 – Divisão por oitavas

(Fonte: Catarina Reis, 2002)

3.2.2 Faixa audível

O ser humano possui uma limitação fisiológica no sistema auditivo que o impede de ouvir sons muito graves e/ou muito agudos e, mesmo os que consegue ouvir, ainda assim, não os percebe com a real intensidade com que eles estão presentes no ambiente. A Figura 203 ilustra o comportamento real do ouvido humano em bandas por oitavas(96).

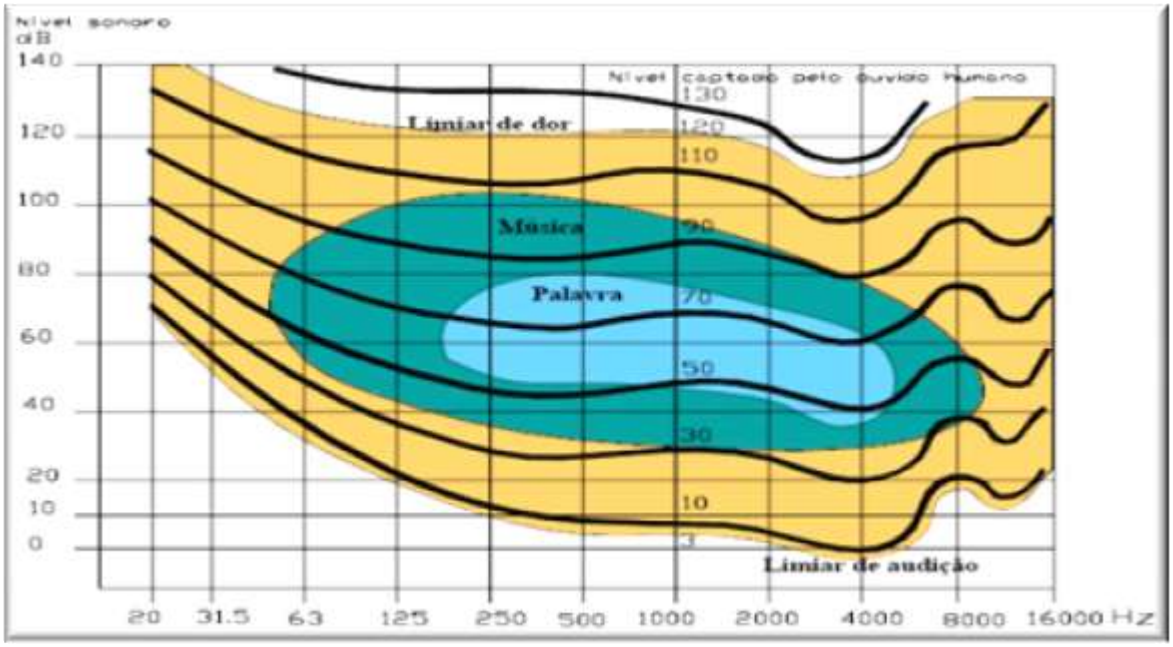


Figura 203 – Curvas de igual sensação sonora (isofónicas) / superfície de audição

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

A gama audível, para a qual o ouvido humano é sensível, varia em frequência entre 20 Hz e 20 kHz e em amplitude entre uma pressão mínima de 20 μPa e uma pressão máxima (limite de dor) de cerca de 20 Pa. Contudo, a aptidão do ouvido para a captação das ondas sonoras é variável tanto em frequência como em amplitude. Para frequências muito baixas e para frequências muito elevadas, a sensibilidade auditiva diminui consideravelmente. A utilização de uma escala linear, em Pascal, para caracterizar a amplitude do sinal, com uma variação de 1 milhão de vezes, entre o valor mínimo e o valor máximo, é pouco prática e pouco representativa da resposta do ouvido humano, tornando-se muito mais vantajoso e mais realista a utilização de uma escala logarítmica, de nível de pressão sonora em decibel (dB). O nível de pressão sonora em dB, ou simplesmente nível sonoro, é então obtido através da multiplicação por dez do logaritmo da relação entre os quadrados da pressão sonora de análise e de referência (limiar de audição, de 20×10^{-6} Pa) (169).

Os fatores que determinam a audibilidade subjetiva “loudness” de um som, são tão complexos que ainda muita pesquisa continua sobre o assunto. Um desses fatores é que o ouvido humano não é igualmente sensível a todas as frequências mas é mais sensível na faixa entre 2 kHz e 5 kHz, e menos sensível para frequências extremamente baixas ou altas. Este fenómeno é mais pronunciado para baixos níveis de pressão sonora do que para níveis de pressão sonora altos. A Figura 203 mostra ainda uma família de curvas que indicam o nível de pressão sonora necessário, para qualquer frequência, para dar a mesma audibilidade “loudness” aparente que um tom de 1000 Hz. Por exemplo, um tom de 50 Hz deve ter um nível aproximadamente 15 dB mais alto, para dar a mesma audibilidade subjetiva que um tom de 1000 Hz a um nível de 70 dB(96).

3.2.3 Curvas de ponderação

Os equipamentos utilizados nas medições do som registam as pressões sonoras com total fidelidade quaisquer que sejam a frequências daquele. O ouvido humano reage, contudo, de forma distinta a diferentes sons, consoante as frequências de emissão, inclusivamente quando estas apresentam um nível de pressão sonora equitativo(10).

A sensibilidade/perceção de um indivíduo para determinado ruído dependerá por isso das suas frequências de emissão e respetivos níveis de pressão sonora. Esta relação está traduzida nas curvas de igual sensibilidade auditiva (medida em *fones*), apresentadas na Norma *ISO* 226:2003, as quais confirmam a variabilidade auditiva do ouvido humano, sendo menos sensível para frequências graves e muito sensível na gama de frequências compreendida entre os 2000 e os 5000 Hz(10).

Na prática, a forma de exprimir esta particularidade do ser humano, envolve a introdução de um filtro nos aparelhos de medição. As curvas que representam as correções efetuadas, em função das frequências captadas, designam-se por curvas de ponderação. Existem vários tipos de filtros normalizados ("A", "B", "C", "D"), sendo o filtro de ponderação "A" o mais utilizado em virtude de aproximar a resposta do ouvido humano a determinado som, e o filtro de ponderação "D" para medições em aeroportos. Os valores das medições realizadas através deste filtro possuem como unidades o decibel (A), dB (A)(10).

Aos valores captados dos níveis de pressão sonora (dB), somam-se algebricamente os valores de ponderação apresentados no Quadro 83, para cada banda de frequência. Posteriormente, adicionam-se logaritmicamente cada um dos valores finais obtidos, através da Equação [12], resultando desta operação o nível sonoro L_{pA} expresso em dB(A)(10).

Quadro 83 - Filtro de ponderação "A" para bandas de frequência de 1/1 oitava na gama audível

Banda de Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ponderação "A" (Hz)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1	-1,1

(Fonte: Alberto Miguel, 2010)

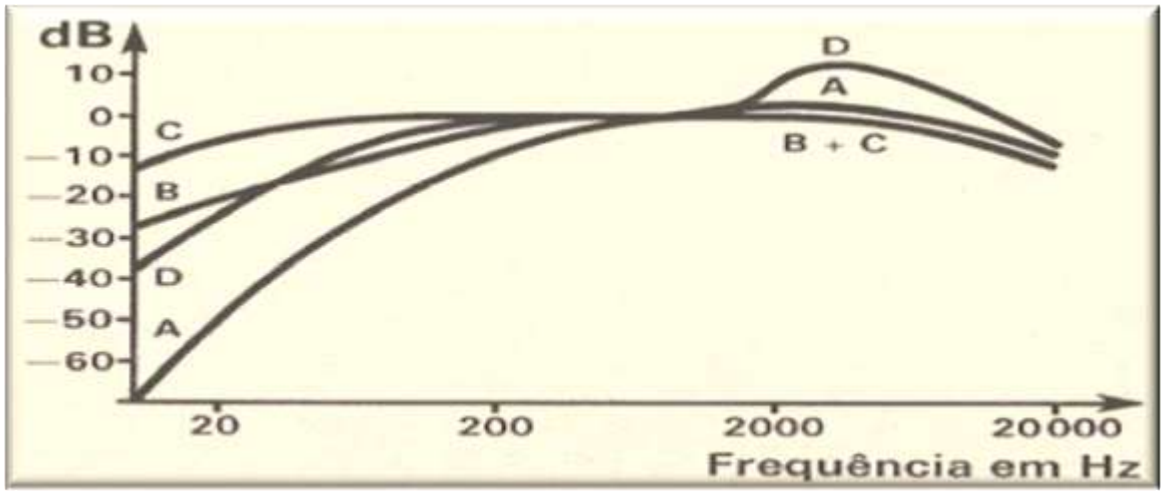


Figura 204 – Filtros "A", "B", "C" e "D"

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 1984)

Apresentam-se, no Quadro 84, as coordenadas padronizadas para a elaboração das curvas dos circuitos de compensação “A”, “B” e “C” em função da frequência(49).

Quadro 84 – Atenuação da perceção auditiva “A”, “B” e “C”

Frequência Central [Hz]	Correção da Malha “A” [dB]	Correção da Malha “B” [dB]	Correção da Malha “C” [dB]
10	-70,4	-38,2	-14,3
12,5	-63,4	-33,2	-11,2
16	**-56,7**	**-28,5**	**-8,5**
20	-50,5	-24,2	-6,2
25	-44,7	-20,4	-4,4
31,5	**-39,4**	**-17,1**	**-3,0**
40	-34,6	-14,2	-2,0
50	-30,2	-11,6	-1,3
63	**-26,2**	**-9,3**	**-0,8**
80	-22,5	-7,4	-0,5
100	-19,1	-5,6	-0,3
125	**-16,1**	**-4,2**	**-0,2**
160	-13,4	-3,0	-0,1
200	-10,9	-2,0	0,0
250	**-8,6**	**-1,3**	**0,0**
315	-6,6	-0,8	0,0
400	-4,8	-0,5	0,0
500	**-3,2**	**-0,3**	**0,0**
630	-1,9	-0,1	0,0
800	-0,8	0,0	0,0
1000	**0,0**	**0,0**	**0,0**
1250	+0,6	0,0	0,0
1600	+1,0	0,0	-0,1
2000	**+1,2**	**-0,1**	**-0,2**
2500	+1,3	-0,2	-0,3
3150	+1,2	-0,4	-0,5
4000	**+1,0**	**-0,7**	**-0,8**
5000	+0,5	-1,2	-1,3
6300	-0,1	-1,9	-2,0
8000	**-1,1**	**-2,9**	**-3,0**
10000	-2,5	-4,3	-4,4
12500	-4,3	-6,1	-6,2
16000	**-6,6**	**-8,4**	**-8,5**
20000	-9,3	-11,1	-11,2

(Fonte*: S. Gerges*, 2000)

Em medições de ruído, na tentativa de aproximação à resposta do ouvido humano, podem ser utilizadas as curvas de ponderação denominadas de “A”, “B”, “C” e “D”, Figura 204, obtidas respetivamente para níveis de pressão relativamente baixos (isofónica de 40 dB), intermédios (isofónica de 70 dB) e elevados (isofónica de 100 dB). Por exemplo, para um nível de pressão sonora de 100 dB a 50 Hz correspondem aproximadamente níveis de pressão ponderados respetivamente de 60 dB(A), 88 dB(B), 99 dB(C) e 88 dB(D)(169).

Da análise do gráfico da Figura 203, 100 dB a 50 Hz corresponde aproximadamente à isofónica de 90 dB, ou seja, para um ouvido humano médio a sensação é próxima de 90 dB. Neste caso, para um nível sonoro muito elevado, a avaliação em dB(A) está longe de traduzir a verdadeira sensação do ouvido humano, com a agravante de favorecer significativamente o resultado final. Para níveis sonoros baixos, da ordem de 40 dB, a curva “A” passa a conduzir a resultados mais realistas(169).

3.2.4 Tipos de ruído

Quaisquer que sejam as fontes, os ruídos podem, em geral, classificar-se em 3 tipos (171):

- ✓ **Contínuo ou uniforme** - ruído cuja variação de nível de intensidade sonora é muito pequena em função do tempo, ou cujos níveis de pressão acústica e os espectros de frequência permanecem estáveis com variações máximas de 5 dB durante um longo período. São ruídos característicos de bombas de líquidos, motores elétricos, engrenagens, fábricas de fiação, etc. Exemplos: chuva, geladeiras, compressores, ventiladores, Figura 205.
- ✓ **Flutuante ou intermitente** - ruído constante que começa e pára alternativamente, ou que tem uma variação grande do nível de pressão acústica e do espectro de frequências mas possui um valor médio constante num período mais longo. São geradores deste tipo de ruído os trabalhos manuais, afiação de ferramentas, soldadura, trânsito de veículos, oficina de mecânica, etc. São os ruídos mais comuns nos sons diários, Figura 206.
- ✓ **Impulsivo ou de impacto** - ruído com nível de pressão acústica muito elevado mas de muito curta duração (menos de 1/5 do segundo). São os ruídos provenientes de tiros, explosões e impactos. São ruídos característicos de rebitadoras, impressoras automáticas, britadeiras, prensas, etc., Figura 207.

Figura 205 – Ruído do tipo contínuo ou uniforme

(Fonte: João Fernandes, 2002)

Um ruído pode ser descrito pelo seu espectro de frequências, pelas variações de nível com o tempo e pelas características do campo sonoro, Quadro 85(10).

Quadro 85 – Classificação do ruído

Descritor	Classificação		Observações
Espectro de Frequências	Contínuo		
	Sons puros audíveis		
Tempo	Estacionário / Uniforme		Quando a diferença entre o valor máximo e mínimo do nível sonoro for inferior a 5 dB (A), medidos com característica de resposta lenta[68], durante o período de avaliação - Ruído estacionário).
	Não estacionário	Flutuante	Nível que varia continuamente e numa extensão apreciável do ruído de fundo durante o período de avaliação.
		Intermitente	Nível que desce abruptamente para o nível de ruído de fundo várias vezes durante o período de avaliação, mantendo-se constante durante um tempo de aproximadamente 1s ou mais.
		Impulsivo	Um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração igual ou inferior a 1s e separados por mais de 0,2 s. Verifica-se a condição de ruído impulsivo quando a diferença entre o pico do nível de pressão sonora (valor máximo em dB) e o nível sonoro contínuo equivalente (dB(A)) num período superior a 5 min, é ≥ 20 dB.
Características do Campo Sonoro	Livre		Campo sonoro numa área afastado de superfícies refletoras.
	Reverberante		Porção do campo sonoro num recinto de ensaio em que a influência do som emitido pela fonte é desprezável.
	Semi-reverberante		Campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfície moderadamente refletora.
	Divergente hemisfericamente		Campo sonoro de uma fonte omnidirecional[69] que está situada próximo de uma superfície refletora rígida (geralmente o solo) mas livre de outras obstruções.

(Fonte: Alberto Miguel, 2010)

[68] Medição efetuada com elevado amortecimento e um tempo de integração com cerca de 1 s.
[69] Fonte sonora que emite a mesma quantidade de energia em todas as direções.

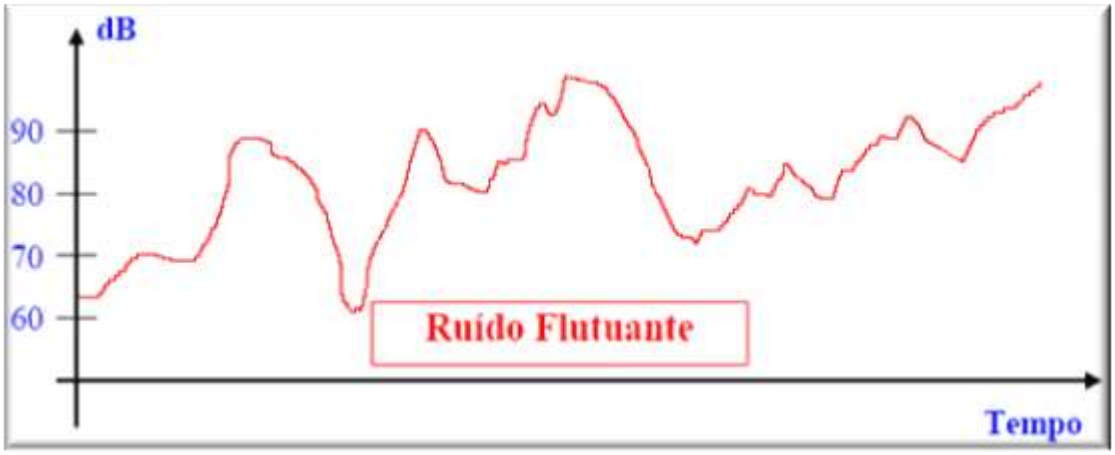


Figura 206 – Ruído do tipo flutuante ou intermitente

(Fonte: João Fernandes, 2002)

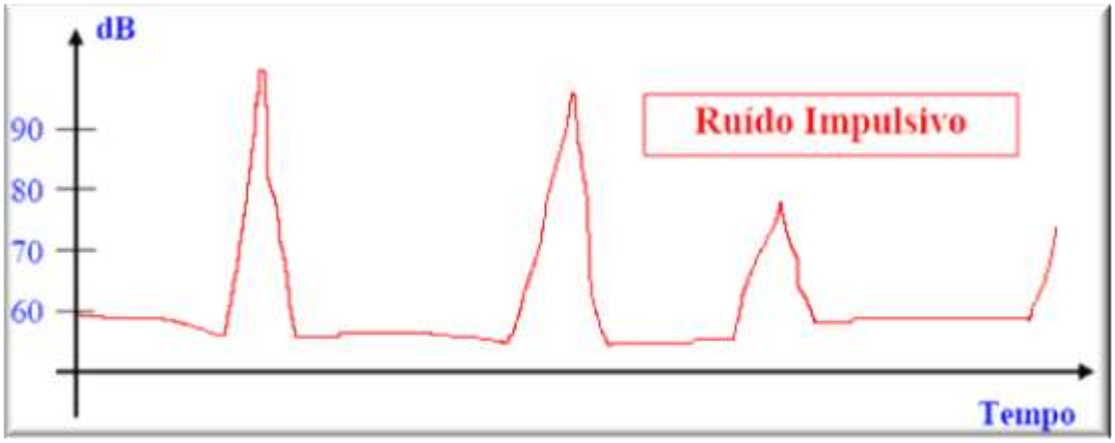


Figura 207 – Ruído do tipo impulsivo ou de impacto

(Fonte: João Fernandes, 2002)

Para alargar as possibilidades de medição do ruído é muitas vezes útil ligar um gravador digital ao sonómetro e registar a fonte de ruído. A análise posterior do ruído registado pode fornecer uma base complementar para compreender o problema e encontrar soluções (2).

3.2.4.1 Ruído de Fundo

Entende-se como ruído de fundo, Figura 208, a média dos níveis de ruído mínimos no local e hora considerados na ausência da fonte emissora em questão. É obtido observando o ponteiro ou mostrador do medidor de nível sonoro e lendo o nível mínimo que se repete várias vezes (média dos mínimos). Quando for empregada a análise estatística dos níveis sonoros, o nível de ruído de fundo deve ser considerado como o nível que é superado em 90% do tempo de medição (5 minutos)(2).

O nível de ruído de fundo inclui as influências do tipo de zona, da estação do ano e do período do dia, de forma que não devem ser usadas correções. O ruído de fundo também pode ser utilizado como critério em recintos internos com janelas abertas ou fechadas. O ruído emitido por fontes indesejáveis é designado ruído de fundo, o qual deve ser pelo menos 10 dB inferior ao ruído emitido pela fonte estudada, para que a medição seja correta. Neste caso, a precisão é da ordem de 0,5 dB(2).

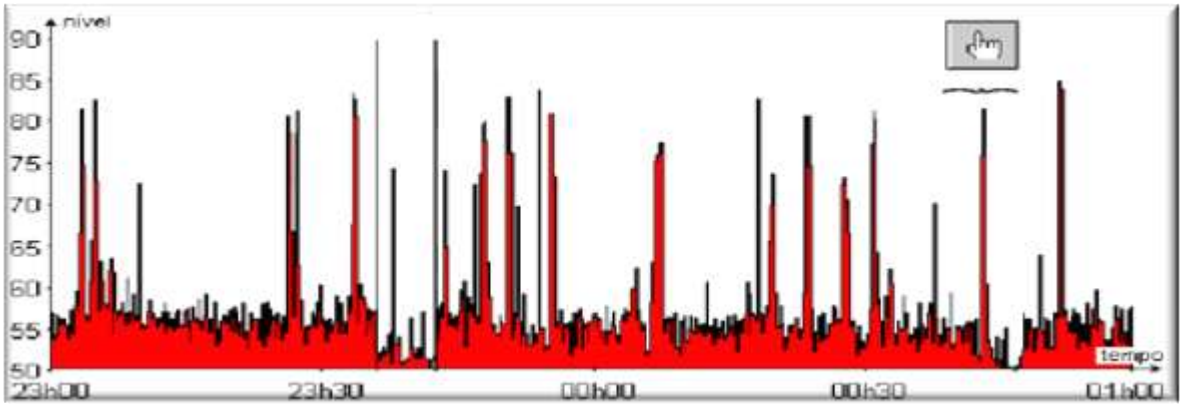


Figura 208 – Ruído de fundo

(Fonte: José Estevez, 2004)

Assim, antes de cada medição é importante verificar sistematicamente o ruído de fundo presente. Mas se a diferença entre o ruído da fonte, medida em presença do ruído de fundo, e o ruído de fundo sozinho estiver compreendida entre 3 e 10 dB, é possível fazer uma correção. Se a diferença é inferior a 3 dB, isso significa que o nível sonoro é inferior ao do ruído de fundo e, então, é impossível obter um valor significativo para a fonte sozinha. Se as medições forem efetuadas por bandas de frequência, o ruído de fundo medido em cada banda deve ser pelo menos 10 dB inferior ao da fonte na mesma banda(2).

O nível de ruído de fundo interno deve ser medido nas mesmas condições que o ruído de fundo externo. O principal causador de erro nas medições é o ruído de fundo, comparado com o nível de ruído a ser medido. Obviamente, o ruído de fundo não deve abafar o sinal de interesse. Na prática, isto significa que o nível do sinal deve estar, no mínimo, 3 dB acima do nível do ruído de fundo; porém, pode ainda ser necessária uma correção para a obtenção do resultado correto. Ilustra-se seguidamente na Figura 209 um procedimento adequado para a medição do nível de som de uma máquina, sob condições de elevado ruído de fundo(172):

1 – Medição do nível do nível de ruído total, com a máquina a funcionar;

2 – Medição do nível de ruído de fundo, com a máquina desligada;

3 – Se a diferença entre as duas leituras for menor que 3 dB, o nível de ruído de fundo é muito alto para uma medição exata. Se for entre 3 e 10 dB, é necessário fazer uma correção. Se a diferença for maior 10 dB, não é necessária fazer nenhuma correção;

4 – Para fazer a correção, entrar na base do gráfico da Figura 209 com o valor da diferença, e intersectar a curva; daí, seguir para a esquerda até ao eixo vertical;

5 – O valor obtido no eixo vertical deve ser subtraído ao nível de ruído total com a máquina a funcionar.

Exemplo:

1 - Ruído total = 60 dB

2 - Ruído de Fundo = 53 dB

3 - Diferença = 7 dB

4 - Correção (do gráfico) = 1 dB

5 - Ruído da máquina = 60 – 1 = 59 dB

Figura 209 – Subtração de níveis de pressão sonora

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 1984)

Se os níveis de ruído de duas máquinas forem medidos individualmente mas for necessário saber o nível de ruído que as máquinas produzirão quando operadas juntas deve-se somar os dois níveis de som. No entanto, quando se usa a escala dB, não se pode realizar a soma diretamente. Deve-se fazer uma correção usando um gráfico conforme se mostra na Figura 210, ilustrando-se seguidamente um procedimento adequado para o efeito(172):

1 – Medir os níveis da máquina 1 e da máquina 2;

2 - Obter a diferença entre os dois níveis;

3 - Entrar na base do gráfico com a diferença. Subir até à intersecção com a curva, e então seguir à esquerda, até ao eixo vertical;

4 - Adicionar o valor indicado no eixo vertical ao maior dos dois níveis medidos. Isto dá a soma dos níveis de ruído das duas máquinas.

Exemplo:

1 – Máquina 1 = 85 dB

2 - Máquina 2 = 82 dB

3 - Diferença = 3 dB

4 - Correção do gráfico = 1,7 dB

5 - Ruído total = 85 + 1,7 = 86,7 dB

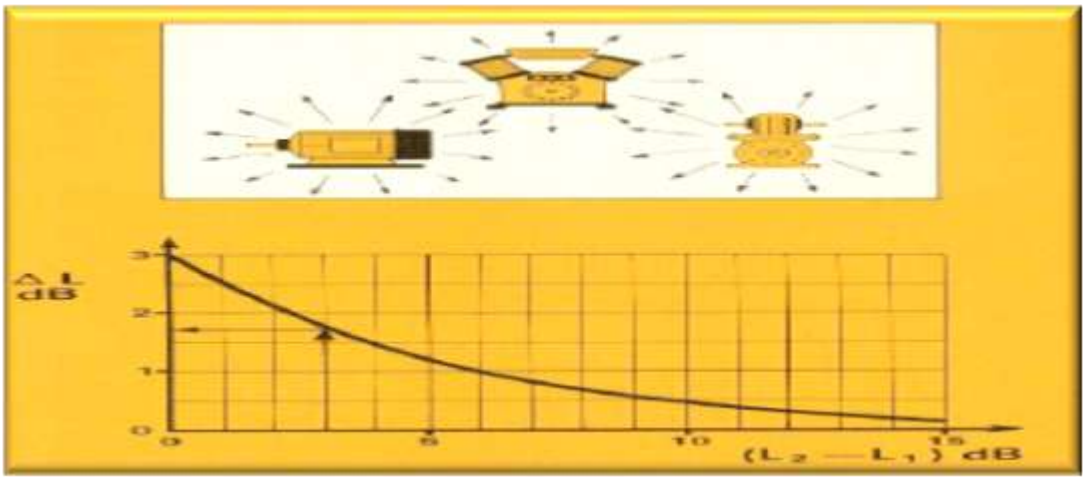


Figura 210 – Adição de níveis de pressão sonora

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 1984)

3.2.4.2 Ruído de Fonte Única

Na determinação do ruído duma fonte única podem cometer-se vários erros. Se a medição for feita muito próxima da máquina, o nível da pressão sonora pode variar de maneira significativa para um pequeno deslocamento do ponto de medição. Este fenómeno aparece, quando o afastamento do ponto de medição é inferior ao comprimento de onda da frequência mais baixa emitida pela fonte (cerca de 70 cm para 500 Hz), ou inferior a duas vezes a maior dimensão da máquina. Podem cometer-se outros erros se a medição for feita muito afastada da fonte onde as reflexões devidas às paredes ou a outros obstáculos podem ser tão fortes como o som direto (campo reverberante), não sendo possível medições corretas. Entre o campo reverberante e o campo próximo encontra-se o campo livre, Figura 211, no qual o nível da pressão sonora diminui de aproximadamente 6 dB com o dobro da distância à fonte. Na prática, salvo no campo próximo da fonte, as medições podem realizar-se em qualquer campo, sempre que se tenha em conta a queda de nível com a distância, que se determina empiricamente “in situ”(2).

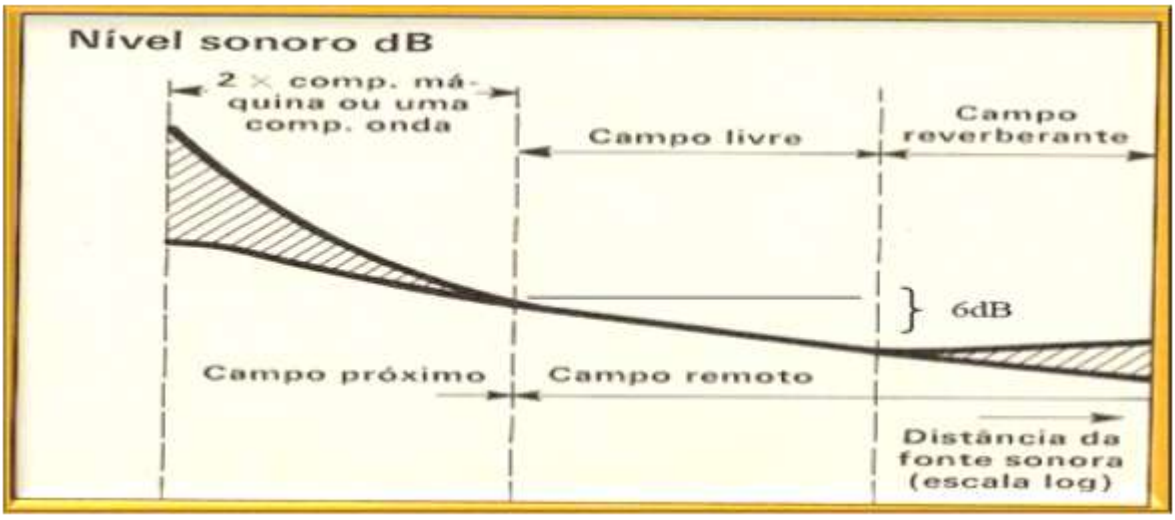


Figura 211 – Variação do nível sonoro com a distância à fonte sonora

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 1984)

No campo reverberante, Figura 212, o som é refletido muitas vezes, propagando-se em todas as direções com igual amplitude e probabilidade. Assim, com um obstáculo no caminho do som, parte do som será refletida, parte absorvida e a restante será transmitida através do obstáculo. A quantidade de som que é refletida, absorvida ou transmitida, depende das propriedades de absorção do objeto, do seu tamanho, e do comprimento de onda do som(172).

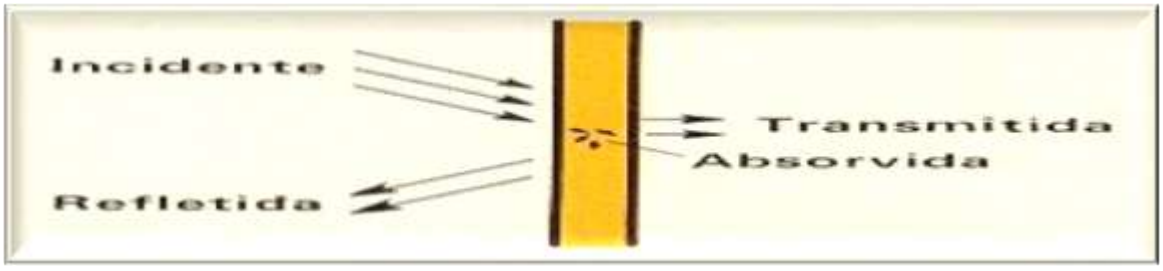


Figura 212 – Comportamento da energia sonora

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 1984)

A espessura do objeto tem de ser da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda de maneira a absorver o som. Por exemplo, para 10 kHz, o comprimento de onda (*λ*) é 3,4 cm – por isso a absorção do som é prontamente alcançadas. Porém, para 100 Hz, o comprimento de onda é 3,4 metros o que torna o isolamento sonoro muito difícil. É por esta razão que os sons graves são mais difíceis de bloquear do que os agudos. O eco não é mais do que o retorno da energia(172).

O tipo de microfone e a sua orientação no campo acústico influenciam também a precisão das medidas. O microfone deve ter uma resposta em frequência uniforme, isto é, a sua sensibilidade deve ser a mesma qualquer que seja a frequência. Qualquer microfone é um obstáculo que perturbará o campo acústico, mas o microfone de campo livre (preconizado pela Comissão Eletrónica Internacional) foi concebido para compensar a sua própria presença. O instrumento e o operador podem formar um obstáculo ao som vindo de várias direções e provocar reflexões que podem ser a causa de erros nas medições (2).

Experiências mostraram que nas proximidades dos 400 Hz, as reflexões devidas ao corpo do operador podem causar erros até 6 dB, quando o operador está a menos de 1 metro do ponto de medição. Para minimizar as reflexões devidas ao operador é, em geral, suficiente manter o sonómetro na extremidade dos braços. Pode também montar-se o sonómetro num tripé. Para minimizar as reflexões devidas ao instrumento, muitos deles têm a parte frontal cónica. O microfone pode ser afastado do corpo do sonómetro por meio de cabos de extensão(2).

3.2.4.3 Ruído devido ao Meio Ambiente

O ruído devido ao meio ambiente implica a medição do ruído total, qualquer que seja a sua fonte, num local particular. O ruído pode então ser devido a uma ou várias fontes e às suas reflexões sobre as paredes, sobre o teto e sobre outras máquinas. O ruído existente num posto de trabalho, na indústria, é um exemplo de ruído devido ao meio ambiente. A medição realiza-se no local onde a pessoa trabalha sem se entrar em linha de conta com o campo próximo, o campo afastado, ou com outras máquinas funcionando nas proximidades. Só se conta com estas condições, quando se tenta reduzir o ruído. Uma vez que o ruído, devido ao meio ambiente, provém de direções diferentes, o sonómetro deverá ser omnidirecional, com uma resposta uniforme independentemente da localização das diferentes fontes(2).

3.2.5 Análise temporal do ruído – Nível sonoro contínuo equivalente

O trauma auditivo provocado pela exposição a ruído excessivo está dependente do nível sonoro e sobretudo do tempo de exposição. A relação entre estas variáveis é realizada por intermédio do nível sonoro contínuo equivalente $L_{Aeq,T}$, que se define como o nível sonoro que se atuasse de forma constante (uniforme) num dado intervalo de tempo, produziria a mesma energia que os níveis sonoros realmente medidos durante esse intervalo de tempo. Cálculo do $L_{Aeq,T}$, através do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, Equação [26](10):

$$L_{Aeq,T} = 10.\log\left(\frac{1}{T}\int_{t1}^{t2}\frac{p_A(t)^2}{p_0^2}\right) \quad [26]$$

Onde,

T - tempo de exposição ao ruído, $T = t_2 - t_1$

$p_A(t)$ - pressão sonora instantânea ponderada A (em Pa)

p_o - pressão sonora de referência = 2.10^{-5} Pa

Esta expressão é idêntica à utilizada pela norma *ISO* 1999:*1990*, a qual estabelece tempos limite de exposição em função do nível sonoro a que um trabalhador esteja sujeito, Quadro 86(10).

Quadro 86 – Tempo de exposição limite, em função do nível sonoro a que um trabalhador está sujeito

Tempo de Exposição	Nível Sonoro Recomendado dB(A)
8 horas	85
4 horas	88
2 horas	91
1 hora	94
30 minutos	97
15 minutos	100
7,5 minutos	103

(Fonte: Norma *ISO 1999:1990*)

De forma semelhante, segundo a norma portuguesa NP-1730:1996, a determinação do nível sonoro contínuo equivalente pode ser realizado por meio da Equação [27], para amostragens dos níveis de pressão sonora a uma taxa $1/\Delta t$, no intervalo de tempo t_2-t_1(10).

$$L_{Aeq,T} = 10.\log\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1.LpAi}\right) \quad [27]$$

Onde,

N – nº total de amostras $N = (t_2-t_1)/\Delta t$

L_{pAi} – nível de pressão sonora, ponderado "A", para a amostra i (expresso em dB(A))

Δt – intervalo de tempo entre duas amostras consecutivas consideradas pelo aparelho

No caso de se aplicar uma distribuição estatística às leituras dos níveis de pressão sonora, ponderados "A", utilizando uma técnica de amostragem por intervalos de tempo, o $L_{Aeq,T}$ vem calculado segundo a Equação [28](10).

$$L_{Aeq,T} = 10.\log\left(\frac{1}{100}\sum_{i=1}^{n} f_i.10^{0,1.Li}\right) \quad [28]$$

Onde,

n – n.º de classes (as classes de intervalos para os níveis de pressão sonora, ponderados "A", devem ser escolhidas de acordo com as características do ruído; na maioria dos casos é apropriado um intervalo de 5 dB)

f_i – percentagem do intervalo de tempo para o qual o nível de pressão sonora, ponderado "A", está dentro dos limites da classe *i*

L_i – nível de pressão sonora, ponderado "A", correspondente ao ponto médio da classe *i*, em dB(A)

Por analogia, se um dado fenómeno sonoro for composto por *k* ruídos, para os quais se conheça o nível sonoro L_{pAi} e a duração de cada um dos ruídos (t_i), $L_{Aeq,T}$, vem dado pela Equação [29](10).

$$L_{Aeq,T} = 10.\log\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} t_i.10^{0,1.LpAi}\right) \quad [29]$$

Onde,

$$T = \sum t_i$$

3.2.6 Instrumentos de medição e calibração

A gama de equipamentos existentes no mercado com capacidade para medições de som e/ou de vibrações é bastante variável, quer em capacidades de aquisição e de processamento, quer em custo de aquisição. De uma forma geral, e apesar das grandes diferenças, todos estes aparelhos são constituídos por três partes essenciais(169):

- ✓ Transdutores para aquisição do sinal, microfones (no caso de medições acústicas) ou acelerómetros (no caso de medição de vibrações), eventualmente ligados a pré-amplificadores (para uma primeira ampliação do sinal);
- ✓ Condicionador do sinal, para amplificação de sinal ou, eventualmente para diminuição, no caso de sinais demasiado fortes para o sistema de aquisição;
- ✓ Sistema de tratamento e análise do sinal, incluindo dispositivos de leitura da medição.

3.2.6.1 Sonómetro

Um sonómetro trata-se de um instrumento que tem como função medir níveis sonoros. 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(172).

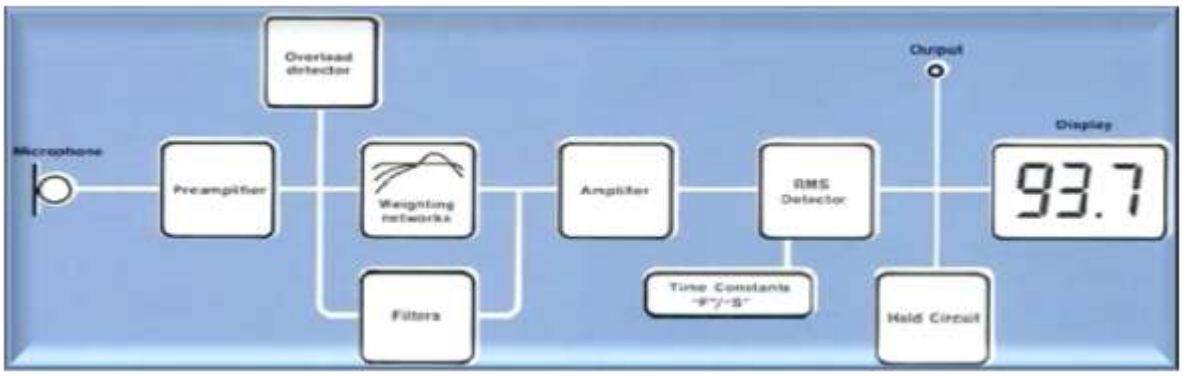


Figura 213 – Constituição de um sonómetro

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 1984)

O diagrama da Figura 213 exemplifica a constituição de um sonómetro, identificando-se cinco componentes fundamentais para o seu funcionamento, para além do "display" onde são lidos os resultados, amplificadores de sinal e outros componentes eletrónicos de menor importância(172):

- ✓ Microfone (*microphone*): é um transdutor, convertendo portanto um sinal mecânico num sinal elétrico. São normalmente utilizados nos sonómetros, microfones de condensador (*condenser microphone*), que devido às suas características combinam precisão com estabilidade de sinal(173);
- ✓ Sistema de Ponderação (*weighting network*): Sistema no qual podem ser aplicadas ao sinal as ponderações "A", "B", "C", "D" ou "U";
- ✓ Filtros (*filters*): São usualmente aplicados ao sinal filtros de oitava, de 1/3 de oitava, ou de 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 objetivo 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;
- ✓ Detetor da Raiz do Valor Quadrático Médio (*RMS*[70] *Detector*): Faz o processamento do sinal obtido em termos do valor médio quadrático da pressão sonora.

A medição do L_{Aeq} de um nível sonoro constante, é bastante simples porque a resolução do integral da Equação [30], caso $p^2(t)$ seja constante é trivial, no entanto se o nível sonoro for variável ao longo do tempo é preciso ter em conta vários valores instantâneos de $p^2(t)$(174).

$$c_0 = \frac{\sqrt{B}}{p_0} \qquad [30]$$

Onde,

B – módulo de compressibilidade do meio

p_o – densidade em equilíbrio do meio de propagação

Os sonómetros integradores resolvem este problema eletronicamente, se o sonómetro não for integrador é necessário um tratamento estatístico dos resultados obtidos, de acordo com o tipo de ruído presente(175).

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(174):

[70] Em matemática, a raiz do valor quadrático médio ou *RMS* (do inglês *Root Mean Square*) ou valor eficaz é uma medida estatística da magnitude de uma quantidade variável. Pode-se calcular para uma série de valores discretos ou para uma função variável contínua. O nome deriva do fato de que é a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores. É um caso especial da potência média com o expoente p = 2.

- ✓ 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 efetua 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, de 6 de setembro, 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 exatidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível o uso de sonómetros da classe 1, para maior exatidão das medições(174).

Deve ser evitada a utilização de sonómetros não integradores, Figura 215, para o cálculo 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, Figura 214. 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(172).

Figura 214 – Sonómetro integrador

Figura 215 – Sonómetro não integrador

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 2015)

3.2.6.2 Dosímetro de ruído

O dosímetro de ruído, Figura 216, é um aparelho que integra, de uma forma automática, os parâmetros de nível de pressão acústica e o tempo de exposição, obtendo diretamente leituras expressas em percentagem da dose máxima permitida legalmente para oito horas de exposição diárias.

Em concordância com o Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, os dosímetros devem estar calibrados segundo o critério *ISO*, de forma que, ao duplicar a energia sonora recebida, $L_{(Ex, 8h)}$ aumenta 3 dB(A). Estes equipamentos devem permitir 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}.

Figura 216 – Dosímetro de ruído

(Fonte: *Brüel & Kjær*, 2015)

O ambiente industrial mudou radicalmente nas décadas mais recentes com um maior nível de automação dos processos produtivos no ambiente de trabalho. No chão de fábrica, especialmente nas linhas de produção, o trabalhador fica permanentemente exposto a ruídos de alto volume, e mesmo com o uso constante de protetores auriculares, é comum os operários apresentarem algum tipo de problema auditivo após anos de atividades exercidas em ambientes com condições insalubres(176).

O controlo da exposição do trabalhador através do uso do dosímetro de ruído no chão de fábrica foi a solução encontrada para identificar o nível dos ruídos a que o trabalhador fica submetido(176).

Com o aumento das linhas de produção completamente automatizadas, os funcionários podem supervisionar várias máquinas. Isto significa que se movem ao redor da estação de trabalho, variando a exposição ao ruído de uma forma muito mais intensa(176).

Por isso, os dosímetros de ruído industriais desempenham um papel importante neste tipo de avaliação de ruído. O medidor de nível de som, ou dosímetro, é um dispositivo portátil que permite a captação das medidas de nível do som no ouvido do operador com o instrumento apontando para a fonte de ruído (176).

Ao repetir este exercício para todas as operações que um funcionário realiza durante o dia, é possível calcular sua exposição diária. Atualmente, a indústria conta com uma série de modelos de dosímetros de ruído digitais capazes de medir o som com total precisão e segurança para o trabalhador, ajudando na identificação das fontes de ruídos com o intuito de planear ações corretivas e preventivas, visando ao bem-estar do trabalhador(176).

É importante perceber exatamente como esses instrumentos devem ser utilizados e compreender as suas limitações. Dada a natureza logarítmica da escala de decibel, uma variação de apenas 1 ou 2 dB, muitas vezes, pode significar uma má interpretação muito grave dos níveis de ruído. Um dosímetro de ruído tradicional é afixado ao cinto do trabalhador e, em seguida, um microfone n um cabo fica ligado ao próximo ao ouvido. Um dos principais benefícios dos dosímetros digitais portáteis é que esses dispositivos podem ser usados em vários trabalhadores num mesmo dia, desde que as medições efetuadas para cada funcionário sejam representativas no dia de trabalho(176).

A Figura 217 mostra o limiar de audibilidade e as curvas de equalização “A” e “C” normalizadas pela norma *ISO*. Comparando a curva “A” com o limiar de audibilidade, percebe-se que a curva “A” faz com que o equipamento de medição perceba o som que o ouvido humano ouve, enquanto a curva “C” é quase plana e foi incorporada no equipamento para a necessidade de se medir todo o som ambiente (sem filtros), ou para avaliar a presença de sons de baixas frequências, percebendo-se que a grande diferença entre as curvas “A” e “C” está na atenuação para baixas frequências. Portanto se, numa medição de ruído, se constatar uma grande diferença entre os valores medidos na escala “A” e “C”, isto significa que parte do ruído se encontra na faixa das baixas frequências (171):

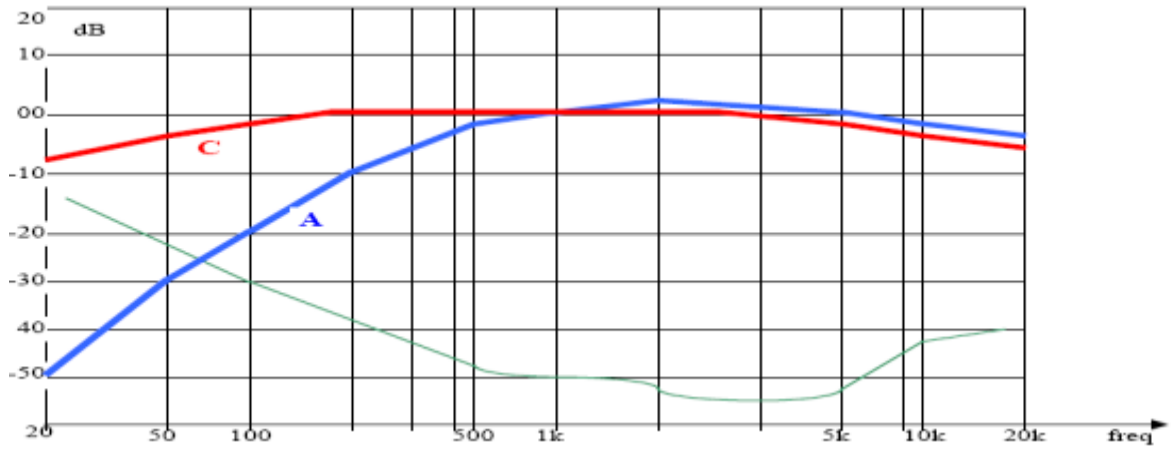


Figura 217 – Limiar de audibilidade e curvas de ponderação

(Fonte: João Fernandes, 2002)

Os medidores de nível de pressão sonora usam duas constantes de tempo, aceites internacionalmente, unicamente aplicadas para medição de níveis de ruído instantâneo, e não para níveis de ruído contínuo equivalente medidos durante um determinado intervalo de tempo. São os tempos correspondentes às respostas lentas *(slow)* de 1 segundo e, rápida *(fast)* de 125 ms (0,125 segundos). O equipamento de medição apresenta no seu mostrador a média quadrática *(RMS = Root Mean Square)* das variações da pressão do som dentro do tempo especificado pela constante de tempo (171).

É escolhido o valor *RMS* da pressão sonora porque ela retrata fielmente a energia contida na onda sonora, uma vez que a resposta do ouvido humano é proporcional à energia das variações da pressão. Alguns aparelhos, mais sofisticados, possuem a constante de tempo de 35 ms (0,035 segundos), correspondente à operação “Impulso”. Essa constante existe em normas de alguns países sendo usadas para sons de grande intensidade e tempo de duração muito pequeno. Devemos tomar as seguintes precauções com o medidor de nível de pressão sonora (171):

- ✓ Verificar a calibração sempre que se for usar o aparelho. O medidor, por ter um circuito eletrónico, é muito sensível à temperatura, e o seu microfone tem alta sensibilidade à humidade e à pressão atmosférica;
- ✓ Respeitar as características do microfone, quanto aos limites de temperatura, humidade, ângulo de colocação, etc.;
- ✓ Verificar a bateria antes de cada medição;
- ✓ Fazer as devidas correções, quando utilizar o cabo de extensão;
- ✓ Usar adequadamente o fundo de escala em dB do aparelho, para obter maior precisão;
- ✓ Usar corretamente as curvas de ponderação "A", "B" ou "C";
- ✓ Usar de maneira adequada a constante de tempo.

Para se escolher convenientemente uma constante de tempo no sonómetro para as medições a efetuar, é preciso entrar em linha de conta com as características do ruído e, em particular, com as flutuações mais ou menos grandes ao longo do tempo. A influência do período de integração nos valores medidos está bem visível na Figura 218. Ora, a indicação da medição no instrumento, quer seja digital ou por agulha, possui sempre uma certa inércia que não lhe permite acompanhar as variações rápidas (2).

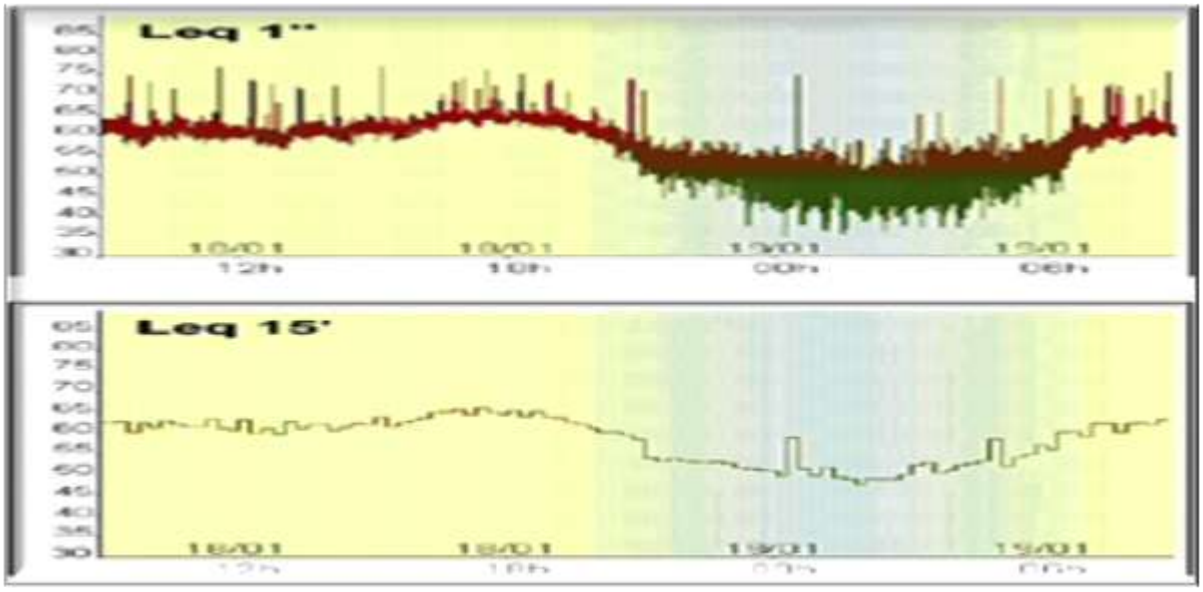


Figura 218 – Influência do período de integração nos valores medidos

(Fonte: José Estevez, 2004)

Por outro lado, a vista humana não poderia acompanhar movimentos muito rápidos. É, então, que a indicação da medição no instrumento é voluntariamente amortecida. Quando se mede um ruído impulsivo (martelagem, por exemplo) o sonómetro indica valores diferentes conforme a constante de tempo utilizada sendo o valor lido sempre inferior ao valor de pico. Habitualmente, dispõe-se de três a quatro constantes de tempo (ou modos de amortecimento) normalizadas (2):

- ✓ Lento: amortecimento importante e movimento de indicação da medição lento. A medição é integrada num segundo aproximadamente;

- ✓ Rápido: amortecimento fraco e movimento de indicação da medição mais rápido. A integração efetua-se em 125 milissegundos aproximadamente;
- ✓ Impulsão: com uma constante de tempo extremamente curta na subida e muito longa na descida. Neste caso, fornece um valor que representa bem a maneira como o ouvido reage a um som de curta duração. Este valor dá uma indicação mais sobre o incómodo psíquico sentido, do que sobre o risco real de dano auditivo;
- ✓ Retenção Pico: alguns sonómetros apresentam a possibilidade suplementar de medir o nível sonoro de pico dum ruído de curta duração. Este dispositivo permite registar com precisão o valor de pico dum ruído cuja duração pode não exceder 50 micro segundos.

Entre os aparelhos de medição sonora distinguem-se aqueles que medem pressões sonoras, nomeadamente os sonómetros e os dosímetros de ruído, e as sondas de intensidade, Figura 219, que medem intensidades sonoras(169).

Figura 219 – Sondas de intensidade / microfones duplos e respetivos espaçadores

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

Figura 220 – Analisadores com dois canais em tempo real

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

Alguns destes aparelhos, analisadores, permitem visualizar em tempo real o espectro em frequência, por partições de bandas de oitava, para cada um destes três tipos de medições analisadores, Figura 220. Existem também aparelhos que permitem em simultâneo medir pressões, intensidades e vibrações mecânicas (analisadores com multicanais, Figura 221. Na Figura 222 é apresentado um exemplo de aplicação onde se recorre à medição simultânea, através de um conjunto de microfones ligados a um sistema de aquisição com multicanais, para avaliação de potência sonora de equipamentos em câmara anecoica ou surda(169).

Figura 221 – Sistemas de aquisição com multicanais, para microfones, sondas de intensidade e/ou acelerómetros (vibrações mecânicas)

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

Figura 222 – Avaliação de potência sonora de equipamentos em câmara anecoica ou surda

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

Para medições no exterior, durante longos períodos de tempo, Figura 223, utilizam-se normalmente sistemas de aquisição idênticos aos anteriormente referidos, mas devidamente adaptados e protegidos, nomeadamente às condições climatéricas e eventuais atos de vandalismo ou furto(169).

Figura 223 – Medição sonora no exterior para monitorizações em contínuo

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

Para medições de ruído ambiente e para a acústica de edifícios, de acordo com a norma portuguesa NP-1730 [71], o equipamento de medição deve ser da classe 1, conforme especificado nas normas europeias *EN 61672–1*[72] e *EN 61*260[73](169).

3.2.6.3 Calibrador Acústico

Associado a cada uma dos equipamentos de medição deverá também existir um calibrador da classe 1, conforme especificado na *EN 60942*[74], com vista ao eventual ajuste do equipamento de medição antes da execução de cada campanha de medições, e à confirmação dos resultados das medições, a efetuar no final de cada campanha de medições. De acordo com o Decreto-Lei n.º 291/90[75], de 20 de setembro, e a Portaria n.º 1069/89 [76], de 13 de dezembro, deve ser efetuado o controlo metrológico destes equipamentos, que compreende quatro fases de controlo(169):

1) Aprovação do modelo por parte do Instituto Português da Qualidade (IPQ), que normalmente fica a cargo dos fabricantes ou representantes da marca do equipamento;
2) Verificação primitiva (ou primeira verificação) do equipamento de medição e do calibrador, antes de entrar ao serviço;
3) Verificação/calibração periódica (anual); e
4) Para situações excecionais, a verificação extraordinária.

Estas três últimas verificações ficam normalmente a cargo do proprietário do equipamento e são efetuadas em laboratório de calibração acreditado pelo IPAC (Instituto Português de Acreditação, pertencente ao IPQ) (169).

---

[71] NP 1730:1996 - Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1 (NP 1730-1): Grandezas fundamentais e procedimentos; Parte 2 (NP 1730-2): Recolha de dados relevantes para o uso do solo; Parte 3 (NP 1730-3): Aplicação aos limites de ruído.
[72] *EN 61672-1:2013. Electroacoustics. Sound level meters: Specifications*. *<http://www.moldex.com/non-product/tech-briefs/hearing/csa-ratings.php>*
[73] *EN 61260:1995. Electroacoustics. Octave-band and fractional-octave-band filters.*
[74] *EN 60942:2003. Electroacoustics. Sound calibrators.*
[75] Decreto-Lei n.º 291/90, de 20 de setembro. Regime do Controlo Metrológico dos Métodos e Instrumentos de Medição.
[76] Portaria n.º 1069/89, de 13 de dezembro. Aprova o Regulamento do Controlo Metrológico dos Sonómetros.

No caso da acústica de edifícios, para além dos equipamentos anteriormente referidos, é também necessária a utilização de fontes de ruído de teste, nomeadamente fontes sonoras de emissão de ruído aéreo, Figura 224, e fontes de percussão normalizadas, Figura 225 (169).

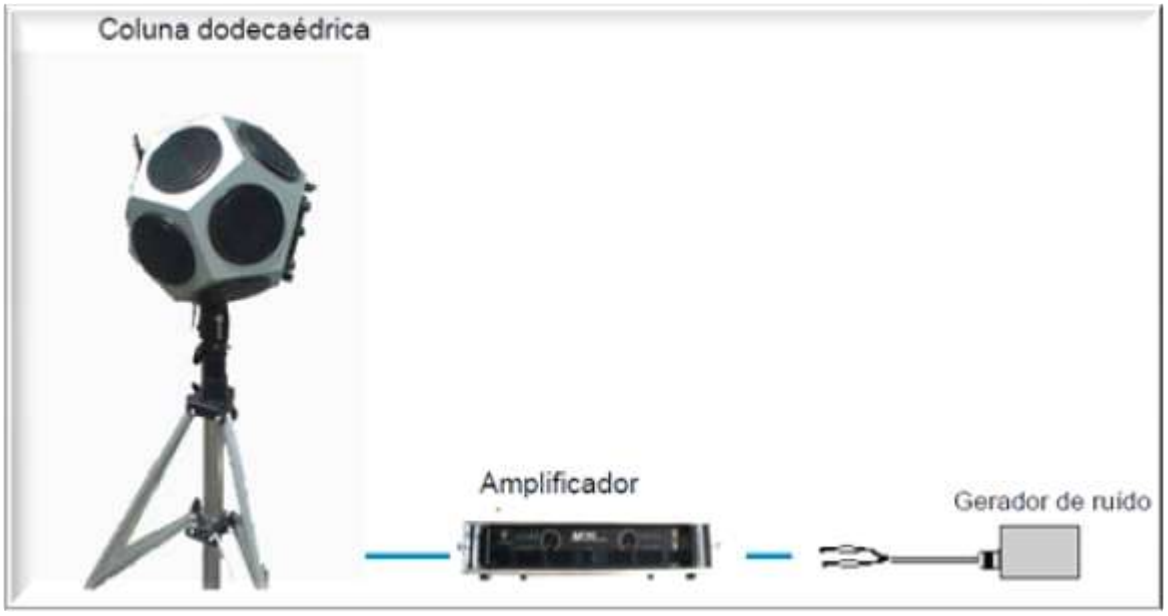


Figura 224 – Fonte de ruído aéreo omnidirecional

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

Figura 225 – Máquina de percussão normalizada

(Fonte: Diogo Mateus, 2008)

3.2.7 Métodos de medição do ruído

Em crescente grau de sofisticação, apresenta-se seguidamente uma série de métodos de avaliação de ruído.

3.2.7.1 Perceção Subjetiva do Ruído

Percebe-se claramente quando se está num ambiente com ruído pois o nosso aparelho auditivo tem uma grande sensibilidade para detetar a intensidade do som(171).

Surge porém uma dúvida: - Como saber se os níveis de intensidade sonora devem ser encarados como um problema ou não? - Devemos introduzir um problema de controlo do ruído ou os níveis estão abaixo dos valores prejudiciais à saúde?(171)

Existem duas maneiras fáceis para constatarmos se os níveis de ruído se estão tornando elevados demais sem o uso de um instrumento de medida(171):

1 – A primeira é verificar se existe dificuldade de comunicação oral dentro do ambiente. Esta dificuldade é constatada ao se tentar conversar com outras pessoas a um metro de distância com um nível normal de voz. Caso haja dificuldade de comunicação, ou necessidade de gritar, ou falar mais próximo da outra pessoa, indicará que o nível de ruído do ambiente está acima do nível de voz (que pode ser tomado próximo dos 70 dB);

2 - A segunda maneira é constatar se as pessoas, após permanência prolongada no local, sofrem uma diminuição de sensibilidade auditiva (também chamada sensação de campainha nos ouvidos). A diminuição da sensibilidade auditiva e o zumbido nos ouvidos são causados por uma proteção natural que contrai os músculos do ouvido médio, proporcionando um amortecimento nas vibrações dos três ossículos. Essa contração permanece por algum tempo, mesmo depois de cessado o ruído, causando uma diminuição de acuidade auditiva.

Caso um desses dois testes releve resultados positivos, existe grande possibilidade dos níveis de ruído estarem acima dos valores recomendáveis. Deve-se portanto, providenciar a imediata avaliação da situação acústica do ambiente(171).

3.2.7.2 Medição de Ruídos Contínuos

A avaliação dos níveis de ruído contínuos é feita diretamente com o medidor de nível de pressão sonora. Aproxima-se o aparelho da fonte, na posição de trabalho do operário e lê-se, diretamente no aparelho, o nível de ruído no local. Por ser um ruído do tipo contínuo, deverá haver pouca variação nos valores marcados pelo mostrador. Função do que se pretende, pode programar-se o medidor em modo *Fast*, *Slow* ou L_{eq}, e utilizar-se, por exemplo, a ponderação “A” para obter dB(A) ou outras curvas de ponderação(171).

3.2.7.3 Medição de Ruídos Flutuantes

Existem muitos métodos de medição para ruídos flutuantes. Todos eles têm por objetivo encontrar um valor que represente de forma significativa, em decibel, as variações de pressão sonora do som(171).

Medição por Nível Médio de Som Equivalente Contínuo (L_{eq}):

As variações de nível de um ruído flutuante podem ser representadas pelo Nível de Som Equivalente Contínuo. Nesse método de medição obtém-se um nível de ruído contínuo que possui a mesma energia acústica que os níveis flutuantes originais, durante um período de tempo. O princípio da mesma energia assegura a precisão do método para avaliação dos efeitos sobre o aparelho auditivo, sendo adotado pela norma *ISO*.

A Figura 226 mostra o L_{eq} graficamente. Neste método deve-se usar a constante de tempo em “Lento” e a ponderação na curva “A”, indicando-se por L_{Aeq}. O tempo usado no método pode ser escolhido conforme a indústria ou o tipo de ruído, podendo ser, por exemplo, de 60 segundos, 30 minutos, 1 hora, etc. Este método é muito preciso para avaliar o risco auditivo, mas necessita de um medidor que possua a escala equivalente(171).

Figura 226 – Nível de som equivalente contínuo (*Leq*)

(Fonte: João Fernandes, 2002)

Medição por Dose de Ruído:

O método de Dose de Ruído é uma variação do Nível de Som Equivalente Contínuo, medido para toda uma jornada de trabalho. Há duas diferenças entre o L_{eq} e a ***Dose de Ruído*** (171):

- O medidor de Dose de Ruído, chamado de **Dosímetro**, é um pequeno aparelho que o trabalhador transporta (no bolso da camisa ou preso na cintura) durante toda a jornada de trabalho, com o microfone com o microfone instalado no abafador de ouvido;
- Enquanto o L_{eq} expressa o ruído em dB, o dosímetro apresenta a medida como uma percentagem de exposição diária permitida. Caso esse limite seja fixado em 87 dB(A), é calculado o L_{eq} para 8 horas e o medidor acusa a percentagem da exposição a que foi submetido: se 100%, equivale que o nível de ruído do ambiente está no limite permitido.

Dessa maneira, o aparelho mede a verdadeira exposição do operário, pois ele acompanha continuamente todos os ruídos que atingiram o operário durante a jornada, fornecendo, no final do dia, o valor médio. Por isso, a medição do ruído através da ***Dose de Ruído*** é considerada a forma mais precisa de se avaliar o risco do trabalhador, requerendo cuidados especiais quanto à exposição a ruídos de impacto(171).

Medição de Sons de Impacto:

As normas internacionais *ISO* sugerem, com aproximação, para medição de sons gerados por martelos e rebitadoras, o nível medido em dB na curva de ponderação “A”, com resposta lenta, acrescido de 10 dB. Na Europa, estas medições efetuam-se em dB(C) com ponderação “Pico” (constante de tempo de 50 ms na subida e infinita na descida conservando o valor)(171).

Estes critérios não são precisos, principalmente para impactos maiores como martelo pneumáticos, britadeiras, prensas hidráulicas, etc., fazendo com que outros métodos sejam aplicados em muitos países. Por exemplo, no Brasil, há normas que adotam a resposta *“Fast*” com a curva de ponderação “A” ou “C” e outras que adotam os limites de ruído de impacto em termos da constante de tempo para *“Impulse”*. Os medidores de nível de ruído mais sofisticados do mercado já possuem a escala impulso. O Quadro 87 mostra exemplos de ruídos medidos com diversas constantes de tempo(171).

Quadro 87 – Diferentes formas de medição do ruído de impacto

Constante de Tempo	Fonte de Ruído		
	Martelo manual	Matelete pneumático	Prensa excêntrica
Rápida [0,125 s]	105 dB(A)	112 dB(A)	93 dB(A)
Impulso [0,035 s]	112 dB(A)	113 dB(A)	97 dB(A)
Pico	131 SPL	128 SPL	121 SPL

Medição por Análise de Frequência:

(Fonte: João Fernandes, 2002)

Quando se pretende fazer um programa completo de controlo de ruído ambiental, a análise das frequências desse ruído, assume grande importância. O conhecimento das frequências de maior nível sonoro do ruído facilita o projeto de atenuação dos níveis sonoros, como por exemplo, a escolha de superfícies tratadas acusticamente, o enclausuramento de fontes de ruído, a escolha de protetores individuais, etc.(171).

A análise em frequência do ruído, porém, necessita de aparelhagem bastante sofisticada, como um medidor de grande precisão e analisador de frequência. Há medidores de nível de som que possuem o analisador incorporado(171).

É importante lembrar que a análise das frequências do ruído se faz apenas em ruídos contínuos e flutuantes; não se faz a análise de frequência de ruídos de impacto. A Figura 227 mostra uma análise de frequência (espectro) do ruído de um trator, medido junto ao ouvido do operador, para rotações do motor em 1800 rpm e 1000 rpm(171).

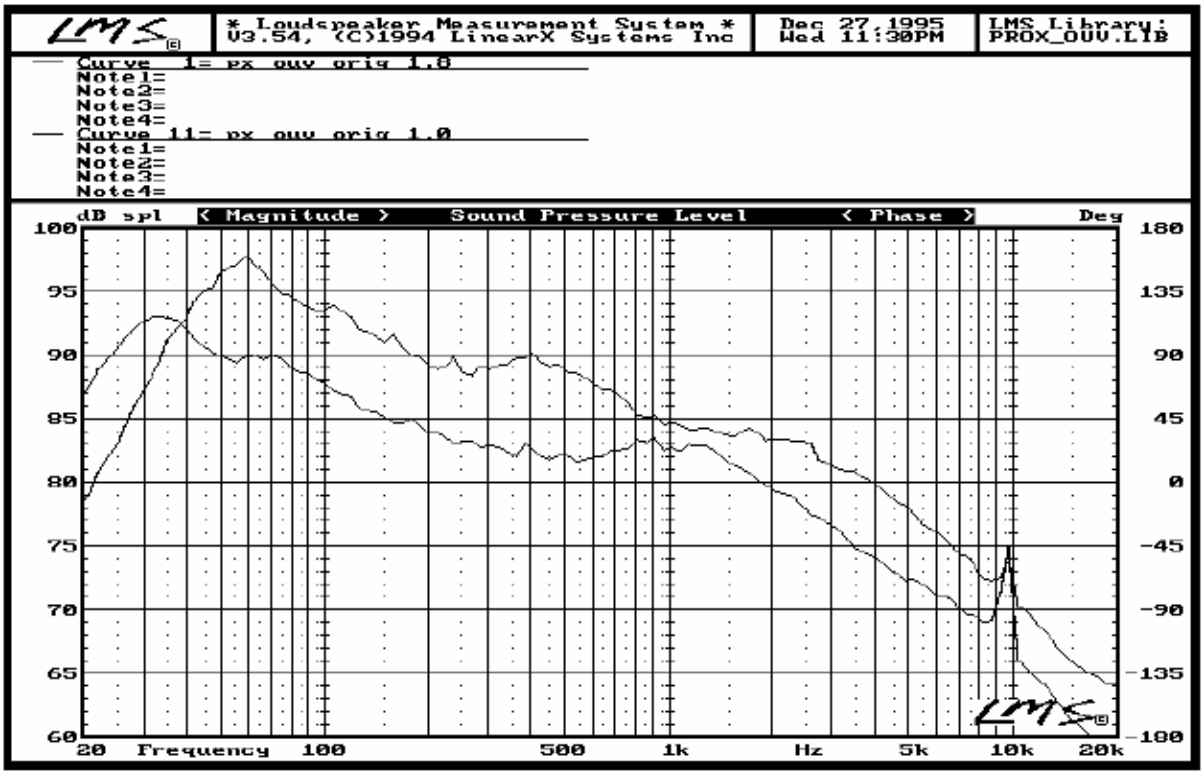


Figura 227 – Diferentes formas de medição do ruído de impacto

(Fonte: *LMS Library*, 1995)

3.2.7.4 A Influência do Meio Ambiente nas Medições

Vento:

Quando o vento sopra provoca uma série de ruídos estranhos, semelhantes aos que se podem ouvir quando o vento sopra nos nossos ouvidos. Para minimizar esse efeito, deve usar-se um para-vento especial, constituído por uma esfera de esponja de poliuretano poroso(172).

Humidade:

O medidor de nível de som e o microfone não são influenciados por níveis de humidade relativa acima de 90%. De qualquer maneira, devem ser tomados cuidados para se proteger o aparelho da chuva, neve, etc. Deve ser utilizado um para-vento sobre o microfone, sempre que houver chuva. Mesmo que o para-vento fique húmido, As medições, serão, ainda exatas. Todavia para uso contínuo em ambientes extremamente húmidos são recomendados microfones especiais para uso ao ar livre, protetores contra chuva e desumidificadores(172).

Temperatura:

Devem ser evitadas mudanças bruscas de temperatura que podem causar condensação no interior do microfone(172).

Vibração:

Embora o microfone e o medidor sejam relativamente insensíveis às vibrações, é sempre bom isolá-los de fortes vibrações e choques. Podem ser usados para esse fim, almofadas de borracha, ou material isolante similar, caso o medidor de nível de som tenha que ser usado num ambiente de alta vibração(172).

Campos Magnéticos:

As influências de campos eletrostáticos e magnéticos sobre os medidores de nível de som são desprezíveis(172).

3.2.8 Regras a observar nas medições de ruído

Em conclusão, para que se possam efetuar corretamente as medições com um sonómetro portátil, devem ter-se em consideração um conjunto de regras fundamentais(172):

a) Verificar a bateria antes utilizar o instrumento;
b) Calibrar o instrumento antes e no fim de se efetuarem as medições;
c) Assegurar que a temperatura, a humidade e a pressão atmosférica não são suscetíveis de avariar o microfone;
d) Desenhar um croqui do local e fazer algumas medições de controlo antes de anotar os valores reais;
e) Se o som vier de várias direções, é importante empregar um microfone e uma montagem omnidirecionais;
f) Usar corretamente as curvas de ponderação “A”, “B” ou “C. Geralmente em *HSST*, será a ponderação “A”;

g) Escolher a característica de resposta adequada: "*F - Fast*" ou "*S - Slow*". Se o ruído for impulsivo, é necessário utilizar um sonómetro com resposta "*I - Impulse*";

h) Usar adequadamente o fundo de escala em dB do aparelho, para obter maior precisão;

i) Manter o sonómetro na extremidade dos braços estendidos ou utilizar uma extensão para evitar a reflexão devida ao operador;

j) Fazer as devidas correções, quando se utilizar o cabo extensão.

3.2.8.1 Posições de Medição:

- ✓ As medições devem ser realizadas no posto de trabalho, sempre que possível, na ausência do trabalhador, com a colocação do microfone na posição em que se situaria a sua orelha mais exposta;
- ✓ Quando a presença do trabalhador for necessária, o microfone deve ser colocado a uma distância entre 0,10 m e 0,30 m em frente à orelha mais exposta do trabalhador;
- ✓ No caso de utilização de um dosímetro ou de outro aparelho de medição usado pelo trabalhador, o microfone pode ser fixado no vestuário, no ombro, no colarinho, ou no capacete, respeitando a distância fixada na alínea anterior;
- ✓ A direção de referência do microfone deve ser se possível, a do máximo ruído, determinado por um varrimento angular do microfone em torno da posição de medição.

3.2.8.2 Durante as Medições:

- ✓ Manter-se afastado das superfícies refletoras;
- ✓ Medir a uma distância adequada da fonte;
- ✓ Medir o nível de ruído de fundo;
- ✓ Não medir por detrás dos obstáculos.

Se o movimento do ar ultrapassar a velocidade de alguns m/h, proteger o microfone por meio de um anteparo.

Todas as medições efetuadas devem ser associadas a um conjunto essencial de registos:

- ➢ Tipo e localização das fontes do ruído;
- ➢ Número de pessoas que trabalham na zona em estudo;
- ➢ Nível de exposição pessoal;
- ➢ Local, data e hora das medições.

3.2.9 Modelos de previsão do ruído

De acordo com o Artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 109/2000[77], de 30 de junho, o responsável pelos serviços de higiene, saúde e segurança no trabalho deve tomar todas as previdências necessárias para prevenir os riscos profissionais e promover a saúde dos trabalhadores.

[77] Decreto-Lei n.º 109/2000, de 30 de junho, estabelece o regime de organização e funcionamento dos serviços de segurança, higiene e saúde no trabalho previstos nos artigos 13.º e 23.º do Decreto-Lei n.º 441/91, de 14 de novembro, que contém os princípios que visam promover a segurança,

Para esse efeito, os serviços de higiene, saúde e segurança no trabalho devem, entre outras, obter e disponibilizar informação técnica, na fase de projeto e de execução, sobre medidas de prevenção relativamente às instalações, locais, equipamentos e processos de trabalho. Devem ainda manter atualizados o resultado das avaliações dos riscos relativos aos grupos de trabalhadores a eles expostos.

Para o cumprimento da primeira exigência legal torna-se necessário prever ainda, em fase de projeto, o impacto que o ruído poderá vir a ter nos trabalhadores, o que só poderá ser feito com base em modelos. A utilização de modelos de previsão é, hoje em dia, uma prática corrente na engenharia, pois conduz geralmente a resultados muito próximos da realidade, com custos inferiores pois, por vezes, dispensa a necessidade de construir protótipos.

São exemplos disso, a modelação de redes de abastecimento de água, redes elétricas, circuitos eletrónicos, estruturas mecânicas, cobertura de emissores de rádio e, neste caso, a previsão de níveis de ruído. No caso da prevenção em fase de projeto, não estando ainda construída a instalação, a prevenção só é possível com recurso à utilização de modelos de previsão.

Geralmente, na fase de projeto já está disponível informação sobre as máquinas e equipamentos a instalar (com os valores de ruído fornecidos pelos fabricantes), as plantas do edifício, materiais a usar, “layout” de produção e processos de trabalho.

É com base nessa informação que se consegue definir uma metodologia de cálculo, apoiada num SIG, para estimar os níveis de ruído produzidos, a localização, o número de trabalhadores afetados e o nível de exposição diária de cada trabalhador. Assim, na fase de projeto de uma nova instalação industrial deve ser feita uma previsão dos níveis de ruído que poderão existir quando se iniciar a laboração.

Conhecidas as máquinas e equipamentos a instalar, as características das naves industriais e o “layout” da produção, podem ser previstos os níveis de ruído dentro e fora das instalações. Construindo um mapa de ruído, há condições imediatas para a identificação de situações perigosas para a saúde e bem-estar dos trabalhadores e assim planear medidas de controlo desse ruído, em tempo útil.

Ainda nesta fase, podem ser tomadas medidas preventivas, como substituir máquinas e equipamentos ruidosos por outros menos ruidosos, redesenhar a localização das máquinas e equipamentos, prever isolamento anti vibrátil, enclausuramento de máquinas, painéis antirruído, tratamento acústico das superfícies e cabinas para proteção de determinadas zonas que não possam ser protegidas de outra forma.

Serão também caracterizados os conceitos relacionados com a modelação de fontes sonoras e a sua propagação em espaço livre e em espaços fechados, designadamente, reflexão, refração, transmissão e absorção nos materiais e o fenómeno da reverberação.

3.2.9.1 Determinação do Ruído com Base em Modelos

Para se efetuar a previsão do ruído com base num modelo é necessário caracterizar elementos e fenómenos, que se apresentam seguidamente.

---

higiene e saúde no trabalho, nos termos do disposto nos artigos 59.º e 64.º da Constituição da República Portuguesa.

Modelação das Fontes de Ruído:

Após o inventário das diversas fontes de ruído previstas em projeto, há que caracterizá-las, designadamente, quanto:

- ✓ À modelação mais adequada (pontual, linear, planar);
- ✓ Ao nível de potência acústica (ou nível que se mede a uma certa distância);
- ✓ À diretividade;
- ✓ À componente espectral das frequências.

Os dados são geralmente caracterizados por bandas de frequências (oitava ou terço de oitava). Estes podem obter-se a partir dos catálogos dos fabricantes dos equipamentos e máquinas ou através de medidas feitas nos equipamentos antes da sua instalação no local, se isso for possível.

Existem três grandes famílias de fontes:

- ✓ Pontuais;
- ✓ Lineares;
- ✓ Planares;

às quais estão associados certos tipos de dados e tipos de propagação sonora (esférica, cilíndrica, plana). Para facilitar os cálculos, as fontes lineares e planas são frequentemente decompostas em fontes pontuais equivalentes.

Fontes Pontuais:

Considera-se uma fonte pontual quando as dimensões da fonte são pequenas em relação à distância ao ponto de receção e ao comprimento de onda.

A propagação em torno duma fonte pontual é do tipo esférico e portanto apresenta globalmente um fator de atenuação "em 20 log d", correspondente a uma atenuação de 6 dB por duplicação da distância.

Para uma fonte idealmente pontual, a radiar uniformemente no espaço, a intensidade sonora $L_i(r)$ a uma distância "*r*" da fonte é dada pela Equação [31].

$$L_i(r) = L_w - 20log_{10}r - 11 \quad [31]$$

Onde,

r – distância do ponto de medição à fonte sonora (metros)

L_w – nível de potência sonora emitido pela fonte sonora

Se o som se produzir ao nível do solo e este se considerar um refletor perfeito, a intensidade sonora vem dada pela Equação [32]:

$$L_i(r) = L_w - 20log_{10}r - 8 \quad [32]$$

É de ter atenção, nos cálculos, a natureza espectral das fontes de ruído: a diretividade e a frequência das fontes devem ser tidas em conta, assim como a absorção atmosférica (que é alta a partir dos 4000 Hz) e o efeito produzido pelo solo. Apresenta-se na Figura 228 uma exemlo da modelação da diretividade de uma fonte de ruído dirigida numa dada direção(2).

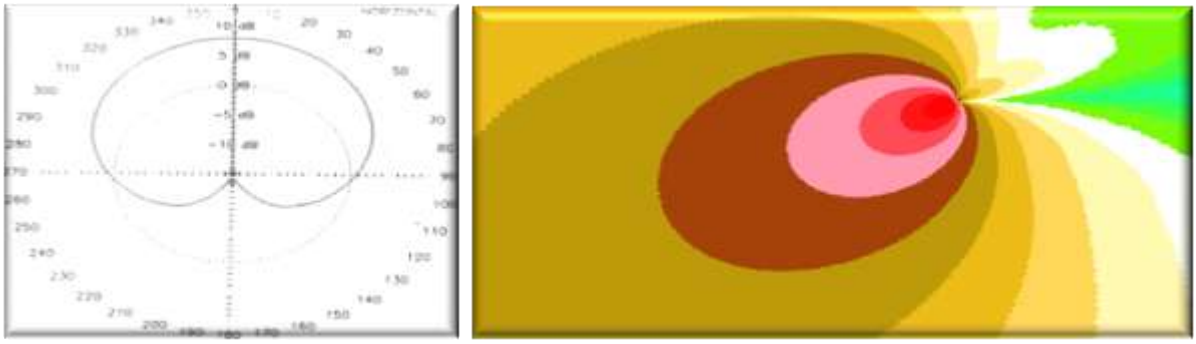


Figura 228 – Exemplo da modelação em SIG de uma fonte de ruído diretiva

(Fonte: José Estevez, 2004)

Fontes Lineares:

A propagação em torno duma fonte linear é do tipo cilíndrico e portanto apresenta globalmente um fator de atenuação em "*10 log r*", correspondente a uma atenuação de 3 dB por duplicação da distância. Para uma fonte sonora de comprimento *r* a radiar uniformemente no espaço ou junto de superfícies absorventes, a intensidade sonora vem dada pela Equação [33].

$$L_i(r) = L_w - 20log_{10}r - 8 \quad [33]$$

Onde,

r – distância do ponto de medição à fonte sonora (metros)

Se o som se produzir ao nível do solo e este se considerar um refletor perfeito, a intensidade sonora vem dada pela Equação [34]:

$$L_i(r) = L_w - 20log_{10}r - 5 \quad [34]$$

Fontes Planares:

Considera-se uma fonte planar quando as dimensões da fonte são grandes em relação à distância ao ponto de receção. Nesta situação, considera-se que não há atenuação com a distância.

Modelo de Propagação:

O nível sonoro resultante L_W da adição de "*n*" fontes de ruído L_{W1}, L_{W2}, L_{Wn} é dado pela Equação [35]:

$$L_w = 10log\sum_{i=1}^{n} antilog\frac{L_{w_n}}{10} \quad [35]$$

Onde,

L_{wn} – nível de pressão emitido pela fonte sonora em cada ponto de medição

O espaço onde decorre a propagação pode ser classificado do seguinte modo(2):

- ✓ **Campo livre** — campo sonoro numa área afastada de superfícies refletoras;
- ✓ **Campo reverberante** — porção do campo sonoro num recinto em que a influência do som emitido diretamente pela fonte é desprezável;
- ✓ **Campo semi-reverberante** — campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfícies moderadamente refletoras;
- ✓ **Campo divergente hemisfericamente** — campo sonoro de uma fonte omnidirecional que está situado próximo de uma superfície refletora rígida (geralmente, o solo) mas livre de outras obstruções, é o modelo que será usado neste estudo.

Efeito da Frequência na Propagação das Ondas Sonoras:

A propagação das ondas sonoras não é igual em todas as frequências: as altas frequências são mais diretivas e são mais facilmente absorvidas no decurso da sua propagação. Um som de baixa frequência contorna os obstáculos e passa através de pequenas aberturas sem perda da sua intensidade(2).

Geralmente barreiras e tabiques são pouco eficientes para isolar sons de baixa frequência a menos que sejam de grandes dimensões. Um som de alta frequência reflete-se em superfícies duras, não contorna obstáculos e passa por aberturas como um feixe de luz sem ser difratado.

Assim, um som de alta frequência pode ser melhor isolado com barreiras ou tabiques. As altas frequências são assim mais facilmente absorvidas do que as baixas. Ilustra-se na Figura 229 a absorção atmosférica em função da frequência e da humidade do ar(2).

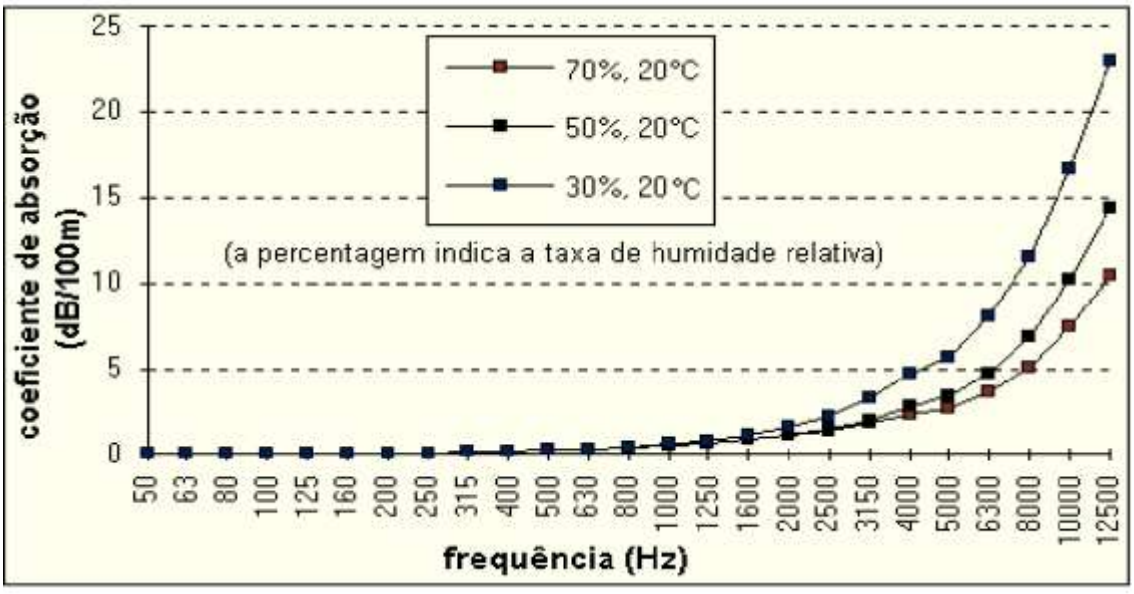


Figura 229 – Absorção atmosférica em função da frequência e da humidade do ar

(Fonte: José Estevez, 2004)

Reflexões e Absorção:

Quando a propagação não se efetua em espaço livre há que levar em conta as reflexões das ondas de som em tetos, paredes e objetos, pois são um contributo importante para a previsão da intensidade sonora. Quando um som encontra uma parede ou um tabique, só uma fraca proporção da energia sonora atravessa o obstáculo conforme e vê na Figura 230. A maior parte é refletida segundo um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência(2).

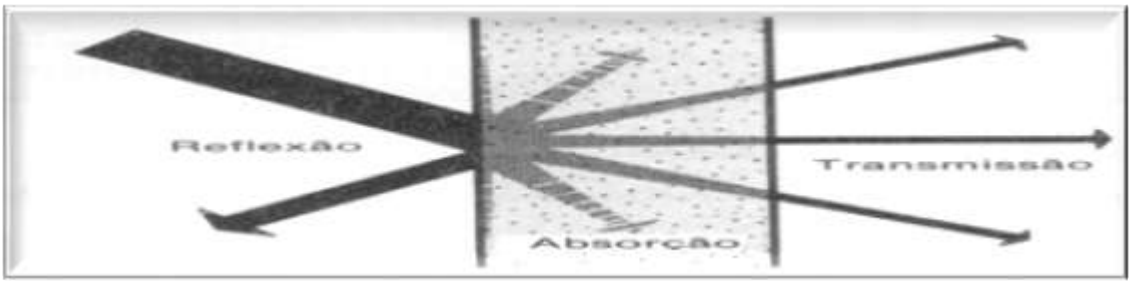


Figura 230 – Reflexão, transmissão e absorção do som ao atravessar uma parede

(Fonte: José Estevez, 2004)

Em geral, o objeto deve ser maior que o comprimento de onda do som para se conseguir um isolamento significativo. Por exemplo, a 10 kHz o comprimento de onda do som é 3,4 cm e então um pequeno objeto (o microfone de medição por exemplo) perturbará o campo sonoro e, por isso, a absorção e o isolamento podem ser facilmente realizados. Mas a 100 Hz, o comprimento de onda é de 3,4 m e o isolamento acústico torna-se difícil(2).

A capacidade de isolamento acústico dum tabique separando duas zonas é chamado índice de atenuação acústica e exprime-se em dB. A absorção sonora consiste na conversão de energia acústica em energia térmica e tem lugar à superfície dos materiais. Na absorção sonora é importante(2):

- ✓ O espectro do ruído ambiente;
- ✓ A densidade e a espessura do material absorvente;
- ✓ O tipo (absorvente poroso, ressoador) e o modo de fixação do material à parede;
- ✓ A natureza da parede;
- ✓ A camada de ar entre o material e a parede.

Assim, por exemplo:

- ✓ As altas frequências são mais facilmente absorvidas do que as baixas;
- ✓ Um aumento de espessura do material ou da camada de ar resulta num aumento da absorção a baixas frequências.

Há dois tipos fundamentais de materiais fonoabsorventes: os materiais porosos e os ressoadores. Nos primeiros, a energia sonora é transformada em calor pelo atrito do ar (contido nos poros), vibrando sobre as partículas sólidas (ex.: lã mineral)(2).

Os ressoadores são constituídos por cavidades ligadas a canais estreitos e a sua ação baseia-se em fenómenos de ressonância que ocorrem a determinadas frequências (ex.: placas perfuradas de matérias plásticas, gesso, etc.)(2).

3.2.9.2 Transmissão

Na análise do fenómeno da transmissão do raio de som através das paredes considera-se a existência de um isolamento acústico entre elas, chamado índice de atenuação acústica que se exprime em dB. Quando o som encontra uma parede, Figura 230, fá-la vibrar, reemitindo, pela outra face, parte da energia incidente. Como regra geral, o isolamento aumenta com a frequência do som e com a espessura da parede até um valor máximo, decrescendo depois, devido a um fenómeno observado designado por coincidência. Um painel possui modos de flexão que dependem da sua rigidez e da sua espessura(2).

Quando os comprimentos de onda do som incidente coincidem com os modos de flexão, há ressonância, e o isolamento do painel diminui, aumentando de novo uma vez ultrapassadas as condições de ressonância. Se o amortecimento do painel for elevado, a ressonância terá menor expressão. Aumentando a espessura do painel simples ou parede vai aumentar também a sua rigidez o que implica que, para determinadas frequências, um painel delgado fornece um melhor isolamento que um painel espesso. O isolamento acústico de uma parede ou tabique simples, no essencial, depende do seu peso por unidade de superfície e da frequência, como se exemplifica na Figura 231(2).

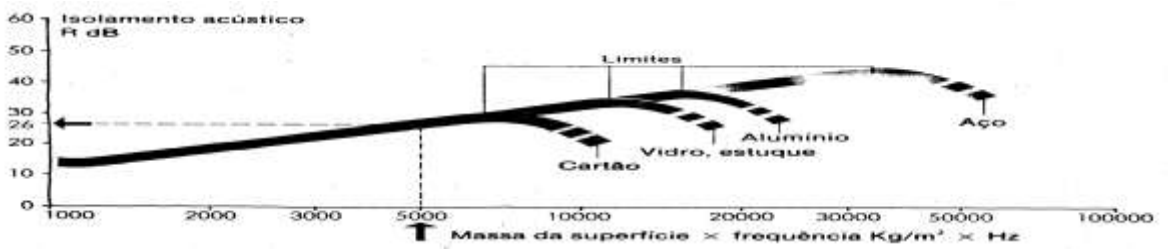


Figura 231 – Isolamento de um tabique simples em função da sua massa e frequência

(Fonte: José Estevez, 2004)

A seleção de uma solução construtiva correta de isolamento acústico para uma determinada situação assume grande relevância, a partir do momento em que a tranquilidade e o bem-estar dos utilizadores e, em particular, dos trabalhadores está em causa. No entanto, não existe um conjunto de dados agregados que facilitem o dimensionamento e previsão de isolamento sonoro a sons aéreos(177).

O Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, bem como o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, ambos em vigor, são parcos em descrições de metodologias para a previsão de isolamento a sons aéreos e em esclarecimentos de índole técnica. Encontram-se efetivamente definidos os limites para os Níveis de Avaliação, L_{Av}, que, para os Edifícios Comerciais, Industriais ou de Serviços, deverão satisfazer as seguintes condições:

- $L_{Av} \leq 40$ dB(A), se o funcionamento do equipamento for contínuo;
- $L_{Av} \leq 45$ dB(A), se o funcionamento do equipamento for intermitente;

focando apenas que a determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, $D_{2m,n,w}$, do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{n,w}$, e do tempo de reverberação, "*T*", deve efetuar-se em conformidade com o disposto na legislação portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional(177).

Estabelece-se ainda que, nas avaliações "in situ", destinadas a verificar o cumprimento dos requisitos acústicos dos edifícios deve ser tido em conta um Fator de Incerteza, "*I"*, associado à determinação das grandezas em causa, sendo que o edifício, ou qualquer das suas frações, é considerado assim conforme quando se verificarem as seguintes condições:

- O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, $D_{2m,n,w}$, acrescido do fator "***I"*** ("***I"*** = 3 dB), satisfaz o limite regulamentar;
- O valor obtido para o tempo de reverberação, "***T"***, diminuído do fator "***I"*** ("***I"*** = 25% do limite regulamentar), satisfaz o limite regulamentar.

Seguidamente, ilustram-se de forma resumida, algumas possíveis metodologias para determinação do isolamento a sons aéreos(177).

Metodologias Experimentais:

A determinação, pela via experimental, do isolamento a sons aéreos de divisórias realiza-se de acordo com a normalização portuguesa (NP-669[78] e NP-2073[79]) e internacional (*ISO 140/IV*[80] e *ISO 717/I*[81]), com o recurso a um sistema de aquisição e tratamento de dados especialmente concebido para a acústica de edifícios. Um sistema desta natureza, comandado por operador através de terminal, deve possuir um *software* de acústica de edifícios que permita, não só, a determinação do isolamento sonoro a sons aéreos, como a sons de percussão e de tempos de reverberação de recintos, e que possua ainda uma base de dados sobre as diversas normas internacionais permitindo a seleção da adequada metodologia de ensaio e também do parâmetro a determinar(177).

Determinação Experimental da Curva de Isolamento Sonoro:

Para determinação do isolamento sonoro a sons aéreos de um elemento construtivo são realizados ensaios de modo a avaliar os níveis de pressão sonora emitidos na sala emissora, os recebidos no recinto recetor, os níveis de pressão sonora do ruído de fundo no recinto recetor e o tempo de reverberação do mesmo recinto. Deste modo obtém-se o Índice de Redução Sonora (R') a partir da Equação [36], NP-2073(177):

$$R' = L_1 - L_2 + 10log\left(\frac{S."T"}{0{,}63.V}\right) \qquad [36]$$

Onde,

L_1 - nível de pressão sonora no recinto emissor

L_2 - nível de pressão sonora no recinto recetor corrigido em relação ao ruído de fundo

S - área do objeto em estudo

"T" - tempo de reverberação do recinto recetor

V - volume da sala recetora

[78] NP-669, abril/1975 - Acústica. Ensaios de transmissão dos ruídos aéreos e de percussão.
[79] NP-2073, julho/1983 - Acústica. Critério de quantificação do isolamento sonoro em edifícios.
[80] *ISO 140/IV, 1998 – Acoustics: Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part IV: Field measurements of airbone sound insulation between rooms.*
[81] *ISO/R 717, 1982, 1996 – Acoustics: Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part I: Airbone sound insulation in buildings and of building elements. Part II: Impact sound insulation. Part III: Airbone sound insulation of façade elements and facades.*

O valor do nível de pressão sonora do ruído de fundo, quando muito próximo do nível de pressão sonora do recinto recetor pode impossibilitar a descrição deste último. Assim, é realizada uma correção do nível de pressão sonora do recinto recetor em função da diferença em relação ao ruído de fundo (*B2*) no recinto recetor. Podem distinguir-se três casos, Equação [37], Equação [38] e Equação [39](177):

a) Se a diferença entre o nível de pressão sonora no recinto recetor (*L2*) e o nível de pressão sonora do ruído de fundo no mesmo recinto (*B2*) for superior a 10 dB:

$$L_2corr = L_2 \quad [37]$$

b) Se a diferença se situar no intervalo de 6 a 10 dB:

$$L_2corr = 10\log\left(10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{B_2}{10}}\right) \quad [38]$$

c) Se a diferença for inferior a 6 dB:

$$L_2corr = L_2 - 1{,}26 \quad [39]$$

Após ter sido obtido o *L2corr*, e por aplicação de *R'*, obtém-se um valor de *R'* para cada frequência central das bandas de 1/3 de oitava(177).

<u>Determinação do Valor Experimental do Índice de Isolamento</u>:

A quantificação do isolamento sob a forma de um valor global realiza-se de acordo com a norma portuguesa NP-2073 e a *ISO 717/I*, que consiste na comparação entre a curva dos valores medidos do índice de redução sonora, em função da frequência, com a curva convencional de referência, cuja descrição paramétrica se vê na Figura 232.(177).

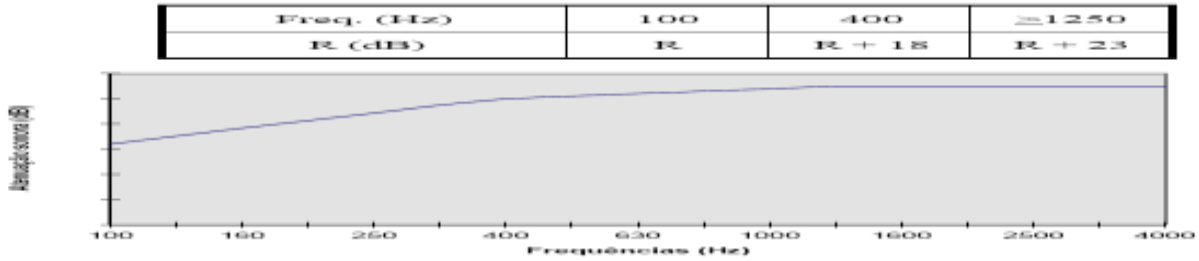


Figura 232 – Curva convencional de referência

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

A comparação é concluída quando se satisfaz a mais exigente das condições(177):

$$1 \leq \frac{\sum DESVIOS}{nf} \leq 2$$

$$Máximo\ DESVIO \leq 8\ dB$$

Entende-se que "*DESVIO*" representa o desvio favorável e "*nf*" o número de frequências centrais. Considera-se desvio favorável, para uma dada banda de frequência, se o valor da curva de isolamento sonoro for inferior ao valor da curva convencional de referência. Após satisfeitas as condições, o valor global do isolamento sonoro é dado pelo valor da ordenada da curva convencional de referência na frequência de 500 Hz(177).

Metodologias Previsionais:

Lei Experimental da Massa e da Frequência:

A Lei da Massa e da Frequência descreve o isolamento sonoro a sons aéreos de elementos construtivos sob a forma de uma curva de atenuação sonora em função da frequência. Deste modo, a Lei Experimental refere que em divisórias simples existe um incremento de 4 dB por duplicação da massa ou por passagem para a oitava seguinte. No caso de divisórias duplas ou triplas, esse incremento já é de 6 dB ou 10 dB, respetivamente(178). Como referência, refere ainda que para uma massa superficial de 100 kg/m² e uma frequência de 500 Hz, o valor da atenuação sonora é de 40 dB, ver Quadro 88, Quadro 89 e Quadro 90(177).

Quadro 88 - Valores de atenuação sonora para divisórias simples, em dB

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
50 Kg	28	32	36	40	44	48
100 Kg	32	36	40	44	48	52
200 Kg	36	40	44	48	52	56
400 Kg	40	44	48	52	56	60

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

Quadro 89 - Valores de atenuação sonora para divisórias duplas, em dB

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
50 Kg	22	28	34	40	46	52
100 Kg	28	34	40	46	52	58
200 Kg	34	40	46	52	58	64
400 Kg	40	46	52	58	64	70

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

Quadro 90 - Valores de atenuação sonora para divisórias triplas, em dB

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
50 Kg	10	20	30	40	50	60
100 Kg	20	30	40	50	60	70
200 Kg	30	40	50	60	70	80
400 Kg	40	50	60	70	80	90

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

À curva obtida são realizadas correções devidas ao efeito de coincidência, à ressonância dos panos da divisória e ressonância da caixa-de-ar, e também devido às heterogeneidades do elemento. As correções efetuadas devido ao efeito de coincidência consistem em provocar uma quebra na curva de atenuação sonora na frequência correspondente ao valor mais baixo onde ocorre este efeito, denominada por frequência crítica, Figura 233. O valor da quebra depende da homogeneidade do material e das suas perdas internas(177).

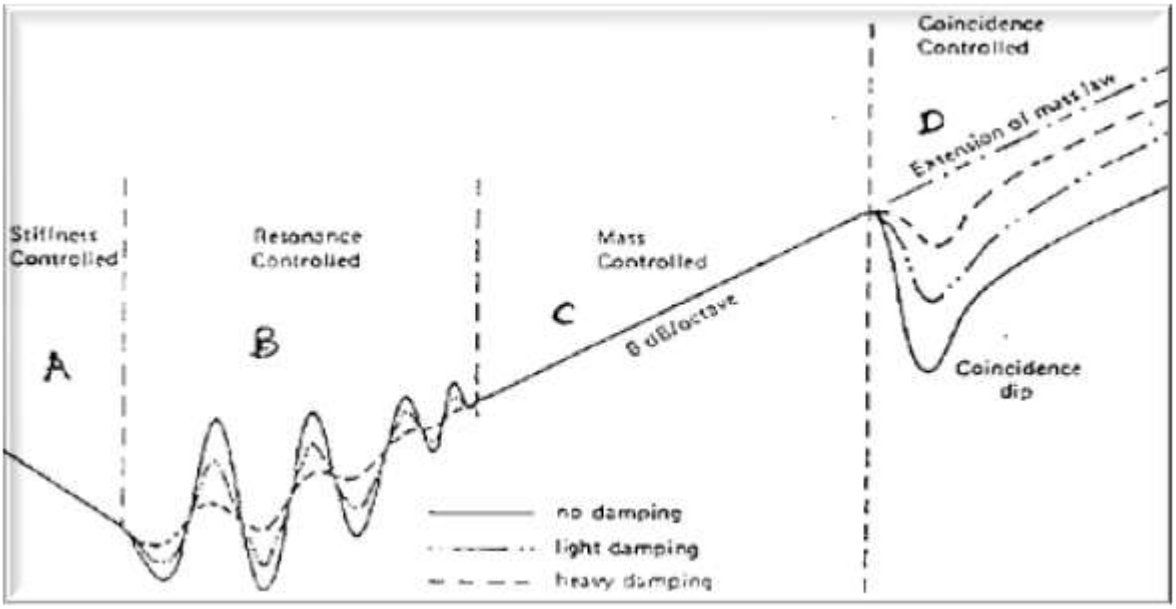


Figura 233 – Curva de isolamento onde se manifesta o efeito de coincidência

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

No caso da ressonância dos painéis de elementos múltiplos, a correção da atenuação sonora realiza-se na frequência obtida através da Equação [40](177):

$$f_R = \frac{c}{2.\pi}.\sqrt{\frac{(m_1 + m_2).\rho}{m_1.m_2.\mathrm{d}}} \qquad [40]$$

Onde,

c - velocidade de propagação do som (340 m/s)

m_i - massa superficial do painel "i"

ρ - massa volúmica ar, enquanto meio de propagação (1,18 Kg/m^3)

d - espessura da lâmina de ar (m)

No caso da ressonância da caixa-de-ar de divisórias constituídas por elementos múltiplos, a correção da atenuação sonora realiza-se, caso não existam elementos absorventes na caixa-de-ar, para as diversas frequências obtidas através da Equação [41](177):

$$f_n = \frac{n.c}{2.\mathrm{d}} \qquad [41]$$

Onde,

n - número de ordem da frequência de ressonância na caixa-de-ar

c - velocidade de propagação do som (340 m/s)

d - espessura da lâmina de ar em (m)

O valor da correção a efetuar em relação a heterogeneidades existentes no meio construtivo, depende do valor da razão entre a área do elemento de maior isolamento e também da diferença entre os isolamentos a sons aéreos entre esses elementos(177).

O valor da correção será mais elevado à medida que aumenta a razão entre as áreas e a diferença entre os isolamentos a sons aéreos(179). O valor a retirar ao isolamento da divisória, devido à existência de heterogeneidades, pode determina-se por recurso à Figura 234(177).

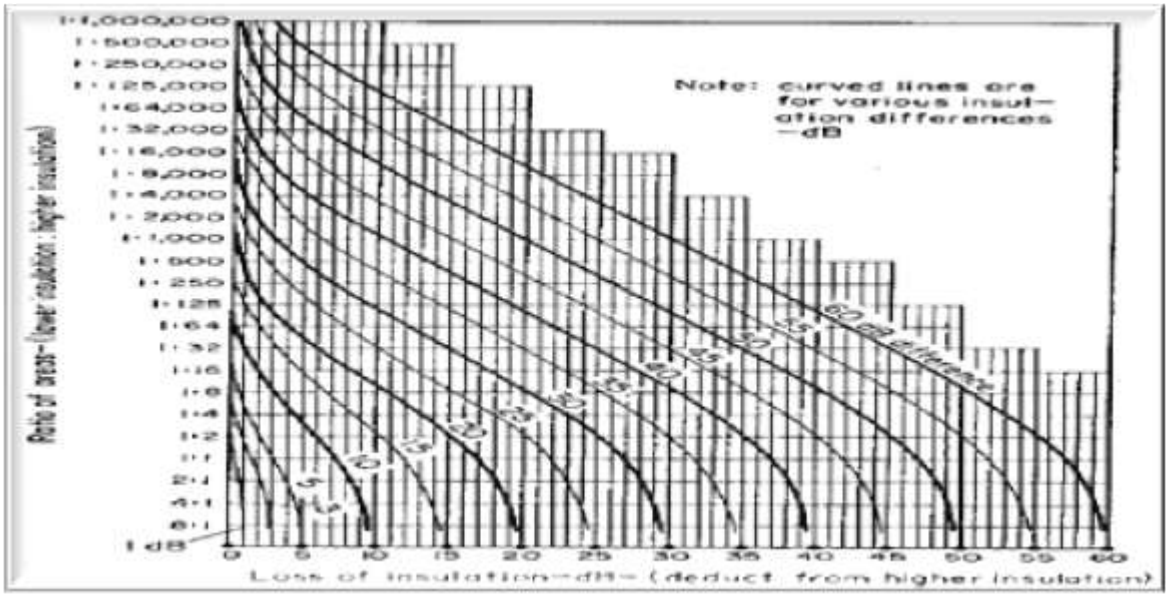


Figura 234 – Correção do isolamento devido à heterogeneidades

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

A partir da curva de isolamento obtida pela Lei Experimental da Massa e da Frequência pode-se obter um valor global de isolamento que represente esse elemento construtivo, a partir da metodologia descrita anteriormente para a "Determinação do Valor Experimental do Índice de Isolamento", Figura 232. A Lei Experimental da Massa e da Frequência revela dificuldades em aproximação à realidade nas zonas das médias e altas frequências, no entanto, revela-se como a melhor metodologia para a realização de um estudo criterioso das deficiências de isolamento por bandas de frequências(177).

Método Gráfico de Previsão:

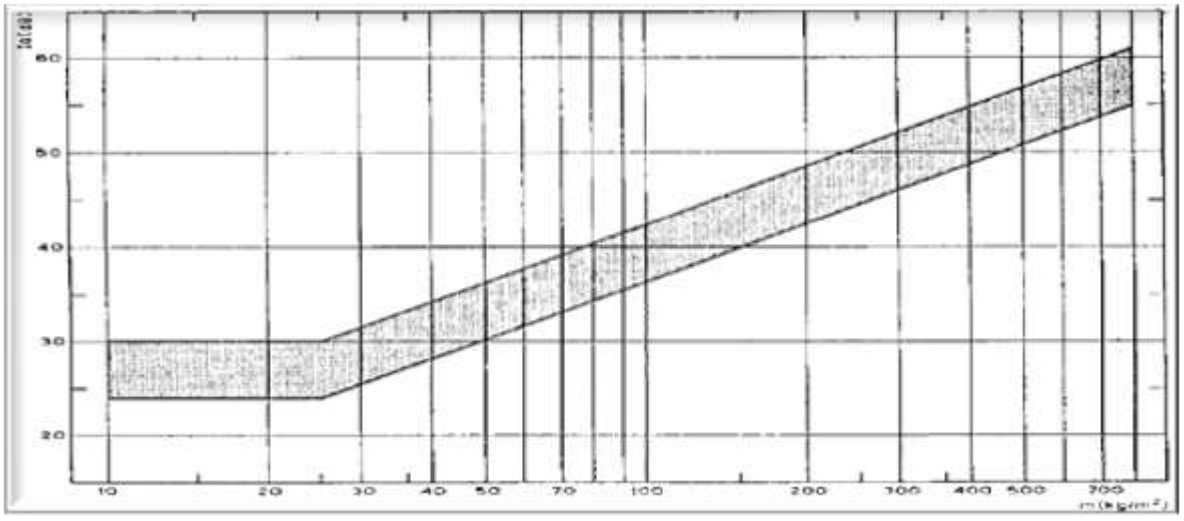


Figura 235 – Gráfico para a determinação do *Ia*

(Fonte: Luís Bragança e Francisco Silva, 2000)

O Método Gráfico permite a previsão de um valor global do isolamento a sons aéreos de um elemento construtivo em função da sua massa superficial "*m*"(180).

Na Figura 235 apresenta-se o gráfico onde se relacionam o Índice de Isolamento a Sons Aéreos, R_a, e a massa dos elementos construtivos. Esta metodologia gráfica pode ser traduzida através de expressões analíticas que relacionam o índice de isolamento sonoro a sons aéreos, R_a, com a massa superficial do elemento. Deste modo, o valor global do isolamento a sons aéreos de uma divisória simples pode traduzir-se pelas expressões seguintes(177):

$R_a = 27 \pm 3{,}15$ se $m < 25$ kg/m²;

$R_a = 20{,}4 \times log(m) - 1{,}5 \pm 3{,}15$ se $m \geq 25$ kg/m².

Caso existam heterogeneidades na divisória, é necessário proceder a correções no valor do isolamento através do procedimento anteriormente descrito para a "Lei Experimental da Massa e da Frequência", Figura 234 e Figura 235. Embora o método gráfico traduza o comportamento de divisórias simples, é possível determinar, a partir das expressões imediatamente acima, o valor de R_a para divisórias múltiplas. No entanto, neste caso é necessário verificar algumas condições(177):

a) A frequência de ressonância dos painéis da divisória múltipla deve ser inferior a 63 Hz. Esta frequência ***fR*** pode ser obtida através da Equação [40].

b) A espessura da caixa-de-ar do elemento não deve ser inferior ao valor obtido pela Equação [42]:

$$d = 0{,}9.\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right) \qquad [42]$$

c) Deve existir na caixa-de-ar uma camada de elemento absorvente com uma espessura mínima de 4 cm.

Se estas condições forem verificadas o valor de R_a obtém-se através da soma de 3 a 5 dB ao valor obtido pelas expressões que calculam o R_a, imediatamente acima identificadas.

O Método Gráfico de Previsão obtém valores previsionais bastante próximos dos reais. Na maior parte dos casos, os valores reais são próximos dos valores médios obtidos por este método.

A principal vantagem consiste na apresentação de um intervalo de valores que permite ter em consideração a dispersão de resultados que elementos de igual massa podem ter(177).

3.2.9.3 Difração

Entende-se por difração de um raio de som como a propriedade física que permite que esse mesmo raio chegue a um ponto do espaço onde não existe linha de vista, segundo uma ótica meramente geométrica. Pode-se imaginar que o raio se dobra à volta de um obstáculo como indicado na Figura 236(2).

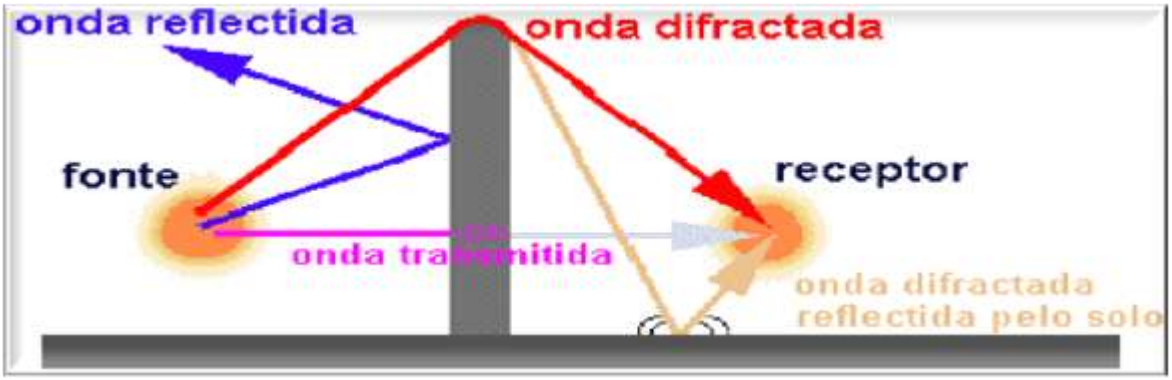


Figura 236 – Percurso de um raio difratado num obstáculo

(Fonte: José Estevez, 2004)

Esta propriedade, que é uma característica dos fenómenos ondulatórios acontece quando uma parte da onda é cortada pelo obstáculo e interfere com as restantes partes da onda. Os sons de baixa frequência irradiam a partir dos obstáculos ou aberturas como se fossem novas ondas de som. Para os sons de alta frequência a difração é menos significativa já que se comporta como um raio de luz não contornando os objetos de dimensões práticas. Em termos práticos, explica o facto de podermos ouvir um som a partir de uma fonte de ruído que não conseguimos ver. Este fenómeno pode ser modelado através de utilização de fontes fictícias localizadas em pontos diferentes(2).

3.2.9.4 Reverberação

O fenómeno da Reverberação consiste na permanência de um som depois de a fonte que o emite ter deixado de o emitir. Considera-se a variável tempo de reverberação (*T*) que se define como o tempo, em segundos, que medeia entre o corte da fonte sonora e o instante em que o nível sonoro atinge uma milionésima do seu valor inicial, o que corresponde a uma diminuição de 60 dB. O tempo de reverberação é uma grandeza que dá uma indicação sobre o nível de reverberação duma sala, a qual depende fundamentalmente da absorção dentro da mesma. O meio técnico que permite reduzir o tempo de reverberação é a superfície absorvente. A relação dos tempos de reverberação permite calcular a diminuição do nível sonoro *ΔL,* Equação [43](2):

$$\Delta L = 10log\frac{T_1}{T_2}, \qquad em\ dB(A) \tag{43}$$

Onde,

T1 - tempo de reverberação no estado inicial

T2 - tempo de reverberação com os materiais absorventes

Isto significa que uma redução do tempo de reverberação de valor 2, por exemplo de 2,0 s a 1,0 s, conduz a uma diminuição do nível sonoro de 3 dB(A) no local, Equação [44](2):

$$\Delta L = 10log2 = 3\ dB(A) \tag{44}$$

Esta diminuição só se observa a distâncias maiores e não na proximidade da fonte de ruído(2).

3.2.9.5 Previsão de Níveis de Ruído

A previsão dos níveis de ruído para uma unidade industrial deverá ser feita com recurso a um *software* SIG que produza mapas de ruído, os quais fornecem uma visualização global do ruído na área abrangida, permitindo um adequado avaliar da situação em cada zona e a realização de uma análise estratégica para a gestão localizada ruído industrial(2).

Os mapas de ruído têm como objetivo:

- ✓ Fornecer informação ao público e aos responsáveis de ruído;
- ✓ Identificar, qualificar e quantificar o ruído industrial;
- ✓ Avaliar a exposição do trabalhador ao ruído;
- ✓ Apoiar a decisão na correção de situações extremas;
- ✓ Influenciar decisões sobre programas para a redução de ruído.

Os mapas de ruído são interpretados através de cores, Quadro 91, segundo a NP-1730 (outubro/1996) para o meio ambiente, com o mesmo critério para a prevenção de riscos.

Quadro 91 – Código de cores

Zona de Ruído dB(A)	Cor	Código de Cores
<35	Verde-claro	
35 a 40	Verde	
40 a 45	Verde-escuro	
45 a 50	Amarelo	
50 a 55	Ocre	
55 a 60	Laranja	
60 a 65	Vermelhão	
65 a 70	Carmim	
70 a 75	Magenta	
75 a 80	Azul	
80 a 85	Azul-escuro	

(Fonte: José Estevez, 2004)

O ruído intenso, ou a exposição prolongada a um ambiente ruidoso, pode lesar os órgãos sensoriais do ouvido interno e reduzir, de forma permanente e irreparável, a sensibilidade auditiva. O risco de lesão auditiva aumenta com o nível sonoro e com a duração da exposição, mas depende também das características do ruído. Uma pessoa que vá para um local calmo depois de ter sido submetida a um ruído intenso durante um curto período de tempo, não ouve os sons habituais. Se o ruído não foi muito intenso, nem a exposição muito longa, a pessoa readquire a sua acuidade auditiva normal após um período de repouso(2).

Mas um ruído intenso não afeta unicamente o ouvido. Pode igualmente perturbar a circulação sanguínea e provocar efeitos psicológicos como o stresse. O ruído reduz bastante a facilidade de conversar diretamente ou por telefone. Por exemplo, duas pessoas só podem conversar a uma distância máxima de 1,5 m se o nível sonoro for de 60 dB(A). Para conversarem a 3 m no mesmo ambiente sonoro, necessitam de gritar. Se o nível sonoro for de 85 dB(A) ou mais, é necessário gritar diretamente no ouvido do vizinho, conforme indicado na Figura 237(2).

Figura 237 – Conversação num meio ruidoso

(Fonte: José Estevez, 2004)

O ruído constitui assim, também uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações orais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações extra-auditivas. A dificuldade de comunicação resultante do ruído pode também potenciar a ocorrência de acidentes no trabalho. Assim, para a prevenção dos riscos resultantes da exposição ao ruído torna-se necessário estimar, ainda em fase de projeto, o impacto que o ruído poderá vir a ter nos trabalhadores. Não estando ainda construída a instalação, esta previsão só poderá ser feito com base em modelos(2).

Metodologia Tipo:

Para se efetuar a previsão dos níveis de ruído e a consequente avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído apresenta-se seguidamente um tipo metodologia de trabalho(2):

1. Caracterização geográfica do espaço-alvo para a previsão do ruído:
    a) Planta do edifício incluindo divisórias, janelas, parede e tabiques;
    b) Tipo de construção e materiais usados;
2. Caracterização das fontes:
    a) Localização (coordenadas tridimensionais [x,y,z]);
    b) Potência das fontes de som (medida ou obtida do fabricante);
3. Diretividade das fontes;
4. Hierarquização das fontes (considerar apenas as mais importantes);
5. Escolha de um modelo de fonte de som adequado;

6. Implementação em SIG de um modelo de propagação adequado que inclua:
    a) Cálculo da atenuação em espaço livre em linha de vista;
    b) Cálculo da transmissão através de paredes;
    c) Cálculo das reflexões no teto;
    d) Cálculo das reflexões nas paredes externas e internas;
    e) Cálculo das reflexões em obstáculos;
7. Elaboração de um Mapa de Ruído para toda a área de instalação industrial;
8. Construir uma base de dados com o tempo de exposição de cada trabalhador e respetiva localização;
9. Implementar a localização dos trabalhadores no mapa de ruído e determinar os respetivos níveis de exposição individuais diários ao ruído.

3.3 Caracterização do Caso de Estudo

Os trabalhos de campo, onde se observaram as condições de exposição ao ruído, foram realizados nas instalações industriais da PAIS MATIAS, Lda., empresa metalúrgica e metalomecânica situada na zona industrial de Santarém, Portugal, que se dedica ao fabrico e comercialização de sistemas de vedações metálicas, bem como à sua instalação, recorrendo a equipas externas de montagem especializadas neste tipo de serviço.

O estudo daí resultante incidiu sobre a análise dos resultados obtidos, permitindo a identificação dos locais de trabalho mais expostos ao ruído, a fim de serem alvo de medidas corretivas e de prevenção coletiva e individual, enquanto efeito de proteção da saúde dos trabalhadores, e de funcionarem também como pontos-chave para a uma potencial instalação de sensores sonoros no sistema de monotorização e análise de ruído proposto.

3.3.1 Caracterização do setor metalúrgico e metalomecânico

O setor metalúrgico e metalomecânico é um setor muito heterogéneo e integrando um conjunto deveras alargado de atividades industriais e uma enorme diversidade de produtos, marcando presença em praticamente todos os elos nucleares da cadeia de valor dos bens manufaturados, desde a metalurgia de base até ao material de transporte, passando pelos produtos metálicos, pelos equipamentos elétricos e pelas máquinas não elétricas e bens de equipamento. Acumula ainda características muito particulares, uma vez que grande parte das atividades que o compõem produz bens de suporte à produção dos demais sectores (bens intermédios e bens de capital) e/ou bens duradouros para consumo final(181).

Pela sua natureza, o setor da metalurgia e da metalomecânica ocupa uma posição central, Figura 238, no crescimento económico das economias modernas, dado o seu papel no desenvolvimento e difusão de novas tecnologias, sendo constituído por uma indústria que fabrica produtos metálicos, máquinas e equipamentos, que tem em comum a matéria-prima que trabalha (produtos metálicos) e a natureza transformadora das suas atividades(181).

Figura 238 – Posicionamento do setor metalúrgico e metalomecânico

(Fonte: Augusto Mateus & Associados, 2010)

3.3.2 Caracterização da unidade industrial

A PAIS MATIAS, Lda., empresa metalúrgica e metalomecânica, fabrica e comercializa sistemas de vedações metálicas, dedicando-se ainda à sua instalação, recorrendo a equipas externas de montagem especializadas neste tipo de serviço.

Desde o início da sua atividade em 1992 e sediada onde se encontra atualmente a Delegação de Santarém, a empresa PAIS MATIAS, Lda., sempre esteve ligada ao ramo ao qual ainda hoje se insere – a importação e distribuição de produtos para vedações.

Vocacionada para o mercado de vedações do tipo rural, começou por comercializar, em regime de exclusividade, redes ovinas/bovinas, arames farpados e lisos, redes hexagonais e electro soldadas, bem como diversos acessórios para a respetiva aplicação, produtos estes importados de uma conceituada empresa espanhola.

Com o sucesso alcançado, alargou a sua gama de produtos, aquirindo duas máquinas para o fabrico de rede elástica galvanizada e plastificada, abrangendo também o mercado europeu, para o qual passou a exportar grande parte da produção. Consequentemente, implementaram-se novos serviços, com a subcontratação de equipas especializadas para montagem de vedações, bem como diversos meios de distribuição.

Com base na experiência adquirida na importação, exportação, distribuição e instalação de sistemas de vedações, a política da empresa passou recentemente por uma procura de novos objetivos, nomeadamente o fabrico de uma gama própria de produtos, que corresponda às mais altas exigências do mercado. Surgem assim os sistemas de vedações designados por *Top*, *Eco* e *Twin*, entre outros, constituídos por painéis electro soldados pré-galvanizados e posteriormente lacados e respetivos postes e acessórios.

Para tal, a empresa investiu fortemente nos mais avançados meios tecnológicos de produção atuais, infraestruturas adequadas (unidade fabril situada na Zona Industrial de Santarém, Figura 239, e numa equipa humana altamente qualificada, com o objetivo de oferecer e garantir aos seus clientes, produtos e serviços de qualidade a preços competitivos, tornando-se nos dias de hoje, na mais importante fábrica a nível nacional de sistemas de vedações metálicas.

Figura 239 – Sede e unidade fabril em Santarém

(Fonte: Pais Matias, Lda., 2013)

A empresa está sediada na zona industrial de Santarém, Portugal, contando com 2 delegações de venda ao público, uma em Santarém e outra nos arredores da Anadia. Para o resto do país conta com diversas empresas distribuidoras exclusivas. Cerca de 44% das matérias-primas utilizadas em 2012 foram adquiridas no mercado nacional, sendo as restantes importadas do resto da Europa. Contando com um efetivo de 40 trabalhadores, o seu volume de negócios cifrou-se acima dos 4,9 milhões de euros no ano de 2012.

3.3.2.1 Certificação

A PAIS MATIAS implementou recentemente um Sistema de Gestão da Qualidade (NP *EN ISO 9001:2008*[82]) certificado pelo *BVQI – Bureau Veritas Quality International*, Figura 240.

Figura 240 - Certificação do sistema de gestão da qualidade pelo *BVQI*

(Fonte: *Bureau Veritas, BVQI* e IPQ, 2013)

Esta certificação permite à PAIS MATIAS, Lda.:

- ✓ Melhorar o funcionamento e organização da empresa;
- ✓ Aumentar a responsabilidade e motivação de todos os seus colaboradores;
- ✓ Aumentar o grau de exigência imposto aos seus fornecedores;
- ✓ Melhorar todo o sistema de fabrico dos seus produtos, através de um acompanhamento direto, mais funcional e organizado;
- ✓ Fornecer produtos e serviços que satisfaçam as necessidades dos clientes;
- ✓ Consolidar a imagem da empresa como fabricante;
- ✓ Aumentar o grau de confiança e satisfação dos clientes nacionais e internacionais.

3.3.2.2 Instalações

As instalações fabris compõem-se de 5 grandes naves e uma ampla área para manobras, Figura 241, Figura 242, Figura 243, Figura 244, Figura 245, Figura 246 e Figura 247:

a) Armazém 1 – Matéria-Prima e Produto Intermédio;
b) Zona de Soldadura;
c) Zona de Máquinas de Endireitamento e Corte de Arame, de Fabrico de Painéis 3 e de Corte, Furação e Aplicação de Rebites em Tubos;
d) Zona de Máquinas de Fabrico de Painéis 1 e 2, Secção de Lacagem e Embalamento;
e) Armazém 2 – Matéria-Prima e Produto Acabado;
f) Zona de Cargas e Descargas.

A sede da empresa tem área de 6620 m², incluindo zonas para Apoio Social e Desenvolvimento Pessoal (refeitório, formação e reuniões) e para Direções de Produção e Comercial / Marketing, Gerência, Serviços Administrativos / Financeiros. Os Espaços Oficinais estão dotados de Balneários e Instalações Sanitárias.

[82] NP *EN ISO* 9001:2008 - Sistemas de Gestão da Qualidade. Requisitos.

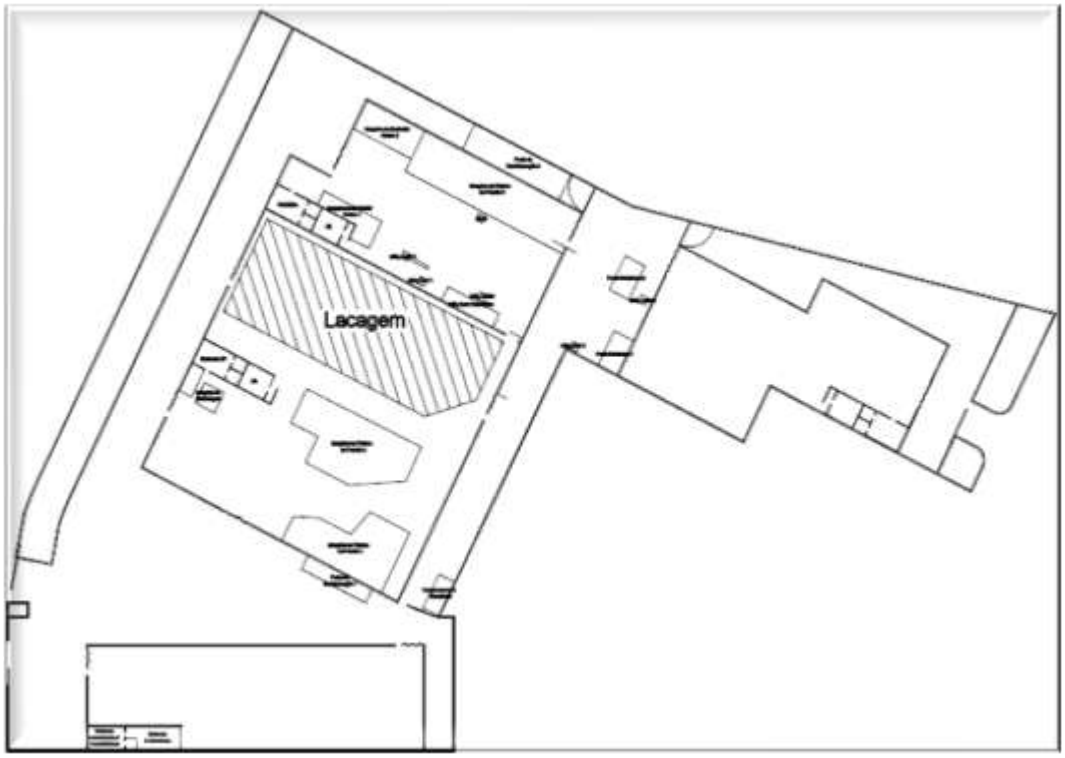


Figura 241 – Planta da sede e unidade fabril

(Fonte: Pais Matias, Lda., 2013)

Figura 242 – Armazém 1 - matéria-prima e produto intermédio

(Fonte: Autor)

Figura 243 – Zona de soldadura

(Fonte: Autor)

Figura 244 – Zona de máquinas de endireitamento e corte de arame, de fabrico de painéis 3, e de furação e aplicação de rebites em tubos

(Fonte: Autor)

Figura 245 – Zona de máquinas de fabrico de painéis 1 e 2, secção de lacagem e embalamento

(Fonte: Autor)

Figura 246 – Armazém 2 – matéria-prima e produto acabado

(Fonte: Autor)

Figura 247 – Zona de cargas e descargas

(Fonte: Autor)

3.3.2.3 Organograma

O esquema hierárquico da empresa é dividido por vários departamentos como se pode observar no seguinte organigrama, Figura 248.

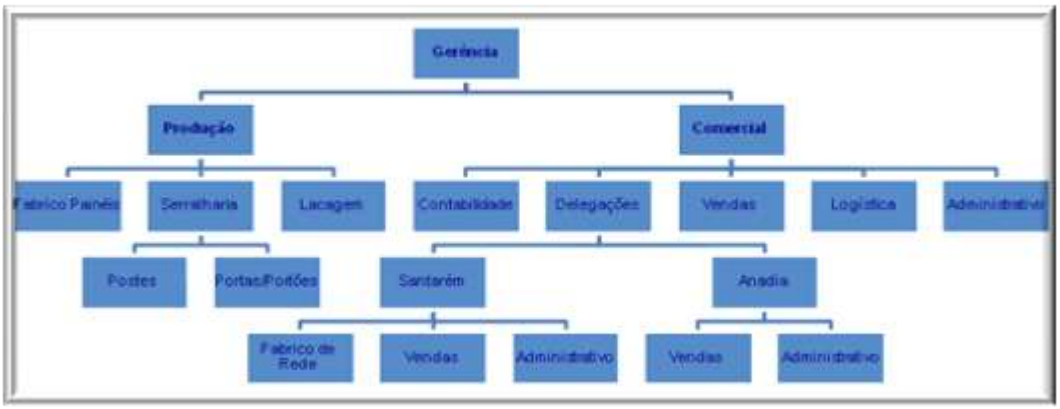


Figura 248 – Organograma da PAIS MATIAS, Lda.

(Fonte: Pais Matias, Lda., 2013)

A PAIS MATIAS, Lda. emprega atualmente 40 trabalhadores, incluindo a liderança de 2 Diretores, o de Produção que acumula os seguintes pelouros:

- Recursos Humanos;
- Ambiente, Saúde, Segurança e Higiene no Trabalho;
- Planeamento e Controlo;
- Aprovisionamentos;
- Conservação e Manutenção;
- Produção e Controlo de Qualidade;
- Importação e Exportação;

e o Diretor Comercial responsável pelos pelouros:

- Sistemas de Informação e Comunicação;
- Marketing e Vendas;
- Contabilidade e Finanças;
- Logística e Distribuição.

3.3.2.4 Serviços de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho

A empresa tem um contrato com uma empresa de serviços externos para assegurar as responsabilidades de Segurança e Higiene no Trabalho, ao abrigo da Lei 3/2014, de 28 de janeiro: alínea c) do número 1 do artigo 74.º, alínea c) do número 2 do artigo 83.º e número 2 do artigo 84.º: "*1 — Os serviços previstos na alínea c) do n.º 1 do artigo 74.º estão sujeitos a autorização. 2 — A autorização prevista no número anterior pode ser concedida para atividades de uma ou ambas as áreas da segurança e da saúde, para todos ou alguns sectores de atividade, bem como para determinadas atividades de risco elevado.*".

A empresa recorre a serviços externos de Medicina no Trabalho contratualizados com um Médico do Trabalho, que realiza 4 horas por mês de atividade médica, cumprindo assim os requisitos da alínea a) do número 2 do artigo 105.º da Lei 3/2014, de 28 de janeiro: "*Em estabelecimento industrial ou estabelecimento de outra natureza com risco elevado, pelo menos uma hora por mês por cada grupo de 10 trabalhadores ou fração*".

3.3.3 Atividades desenvolvidas, medições efetuadas e efeitos atenuadores

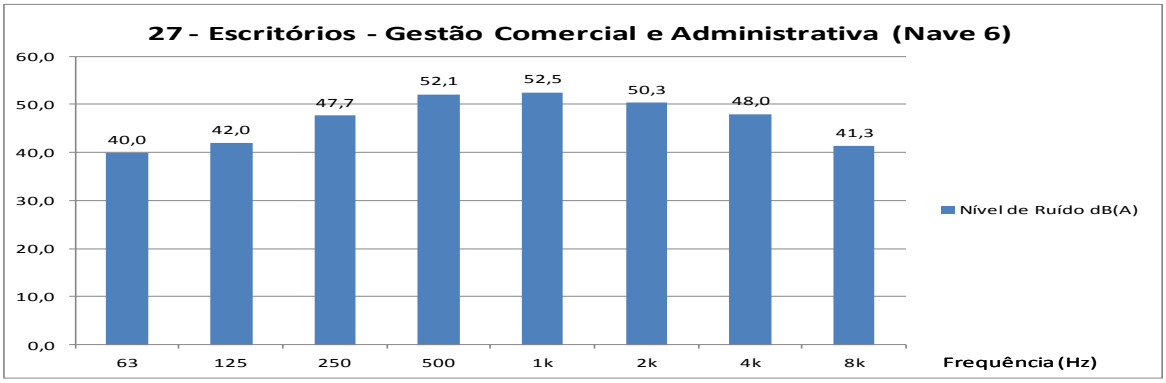
Apresenta-se seguidamente, Quadro 92, Quadro 93, Quadro 94, Quadro 95, Quadro 96, Quadro 97, Quadro 98, Quadro 99, Quadro 100, Quadro 101, Quadro 102, Quadro 103, Quadro 104, Quadro 105, Quadro 106, Quadro 107 e Quadro 108, uma síntese dos trabalhos de campo realizados, que incidiram assim em três passos:

- ✓ Identificação e caraterização atividades e fontes de ruído;
- ✓ Medição das componentes espectrais do ruído;
- ✓ Efeitos atenuadores comparativos entre protetores auditivos.

Quadro 92 – Gestão administrativa e produção

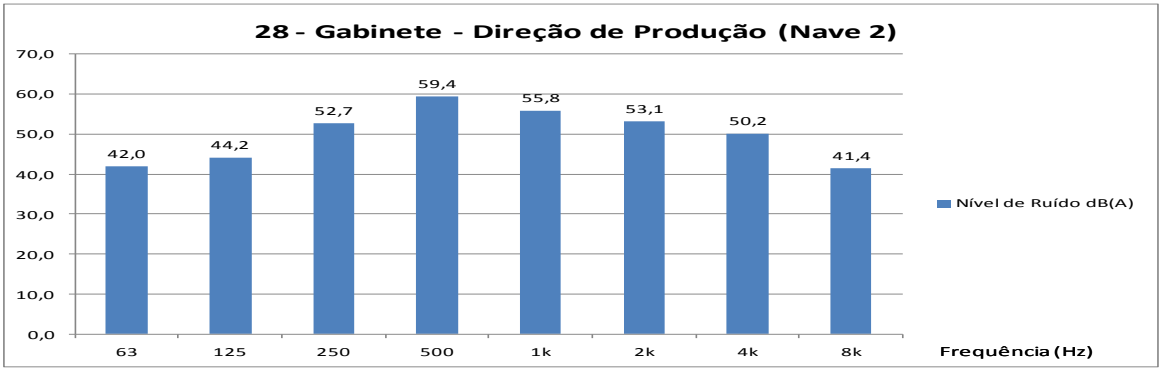
GESTÃO ADMINISTRATIVA E PRODUÇÃO		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Gerência, Direção Comercial, Direção de Produção, Planeamento e Controlo, Recursos Humanos, Serviços Administrativos e Financeiros, Aquisições, Orçamentações, Contabilidade, Logística e Distribuição.
Comercial e Administrativa		Sistemas de Informação e Comunicação, Marketing e Vendas, Contabilidade e Finanças, Logística e Distribuição. Atendimento a Clientes e Fornecedores, Elaboração de Encomendas, Faturação e Cobranças, Salários e Reuniões.
Produção		Recursos Humanos, Ambiente, Saúde, Segurança e Higiene no Trabalho, Planeamento e Controlo, Aprovisionamentos, Conservação e Manutenção, Produção, Controlo de Qualidade, Importação e Exportação.
Escritório do Estabelecimento Comercial		Atendimento Comercial, Vendas, Controlo de Produção e Gestão de Armazém de Matéria-Prima e de Produto Acabado.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



NAVE 6	27 - Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	40,0	42,0	47,7	52,1	52,5	50,3	48,0	41,3
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	57,8							
	L_{Cpico} dB(C)	73,4							

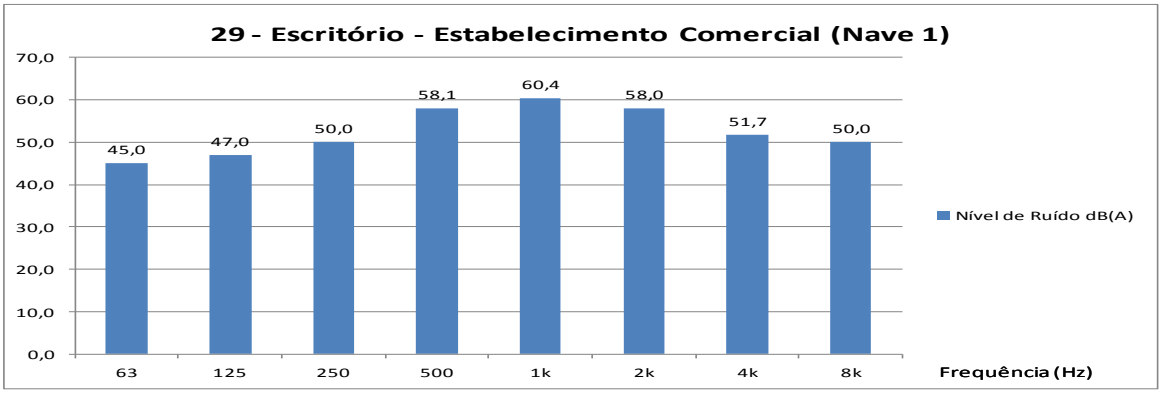
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	26,5	30,1	37,7	39,1	37,4	30,1	26,8	12,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	43,5							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	34,1	37,2	33,0	31,8	29,5	22,9	16,6	9,7
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	41,0							



NAVE 2	28 - Gabinete - Direção de Produção								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	42,0	44,2	52,7	59,4	55,8	53,1	50,2	41,4
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	62,6							
	L_{Cpico} dB(C)	73,7							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	28,5	32,3	42,7	46,4	40,7	32,9	29,0	13,0
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	49,0							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	36,1	39,4	38,0	39,1	32,8	25,7	18,8	9,8
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	44,7							

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



N	29 - Escritório - Estabelecimento Comercial								
A	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
V	Nível de Ruído dB(A)	45,0	47,0	50,0	58,1	60,4	58,0	51,7	50,0
E	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**64,5**							
1	L_{Cpico} dB(C)	**73,1**							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	31,5	35,1	40,0	45,1	45,3	37,8	30,5	21,6
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**49,5**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	39,1	42,2	35,3	37,8	37,4	30,6	20,3	18,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**46,1**							

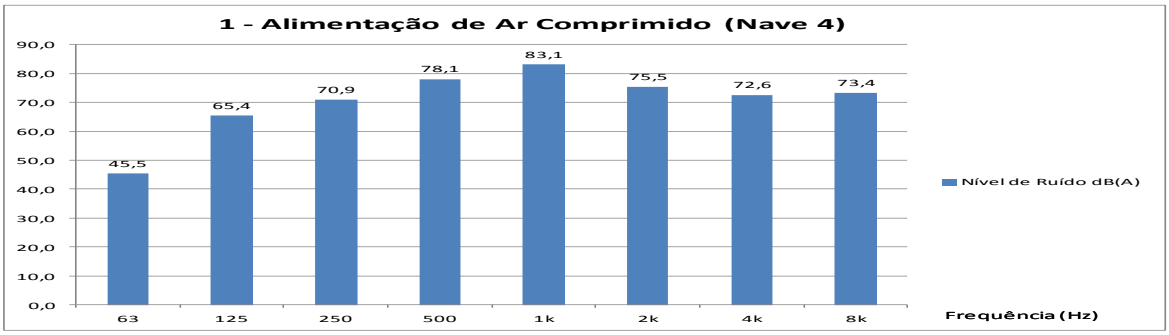
(Fonte: Autor)

Quadro 93 – Alimentação de ar comprimido

ALIMENTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Para que o ar comprimido possa fornecer energia, é necessário comprimi-lo, fornecendo-se-lhe trabalho para aumentar a sua energia interna e transformar a energia interna do ar comprimido em energia mecânica.
Produção e Secagem		O ar comprimido é obtido através de compressores que aspiram o ar da atmosfera, acumulando-o sob pressão em reservatórios para posterior consumo, após secagem da humidade corrosiva e de outros contaminantes.

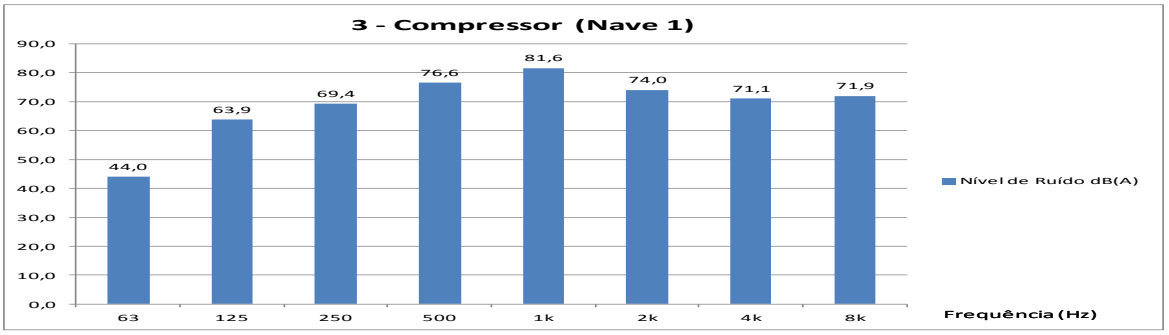
Atividade	Equipamento	Descrição
Armazenamento e Distribuição		A partir dos reservatórios, o ar comprimido é conduzido da estação de compressão, através da rede de tubagens, até aos dispositivos (válvulas e atuadores) e máquinas de comando pneumático e eletro-pneumático.
Compressor		Compressor de pequeno porte para alimentação de ar comprimido do setor de produção de rede elástica.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



NAVE 4	1 - Alimentação de Ar Comprimido								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	45,5	65,4	70,9	78,1	83,1	75,5	72,6	73,4
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**85,6**							
	L_{Cpico} dB(C)	**99,3**							
	L_{W} dB(A)	**93,6**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**85,7**							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	32,0	53,5	60,9	65,1	68,0	55,3	51,4	45,0
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**70,6**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	39,6	60,6	56,2	57,8	60,1	48,1	41,2	41,8
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**65,2**							



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos									
NAVE 1	3 - Compressor								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	44,0	63,9	69,4	76,6	81,6	74,0	71,1	71,9
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**84,1**							
	L_{Cpico} dB(C)	**97,8**							
	L_{W} dB(A)	**92,1**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**84,2**							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	30,5	52,0	59,4	63,6	66,5	53,8	49,9	43,5
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**69,1**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	38,1	59,1	54,7	56,3	58,6	46,6	39,7	40,3
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**63,7**							

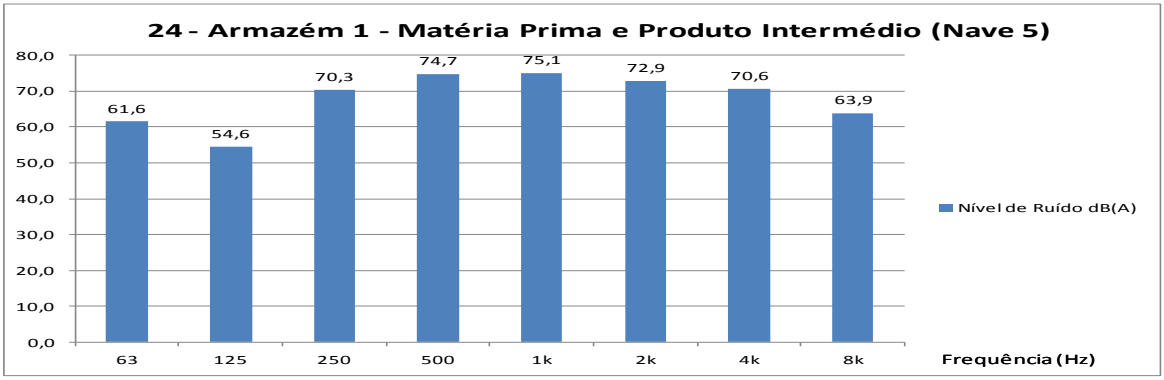
(Fonte: Autor)

Quadro 94 – Armazenagem

ARMAZENAGEM		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Processo logístico ordenado constituído por um conjunto de funções de receção, descarga, carregamento, arrumação e conservação de matérias-primas, produtos acabados ou semiacabados e outros bens em trânsito.
Matéria-Prima		Matéria-Prima: rolos de arame zincados para fabrico de painéis e Produto Intermédio (postes zincados, portões e painéis) que devem ser submetidos a um processo produtivo até se transformarem em produto acabado.
Produto Acabado		Produto Acabado: painéis, postes, portões lacados, rolos de rede elástica plastificada e postes de madeira tratada.
Químicos e Tintas		Acondicionamento organizado, em espaços devidamente ventilados com rotulagem e sinalização de segurança dos reservatórios para compostos líquidos e das embalagens para compostos sólidos (tintas em pó).

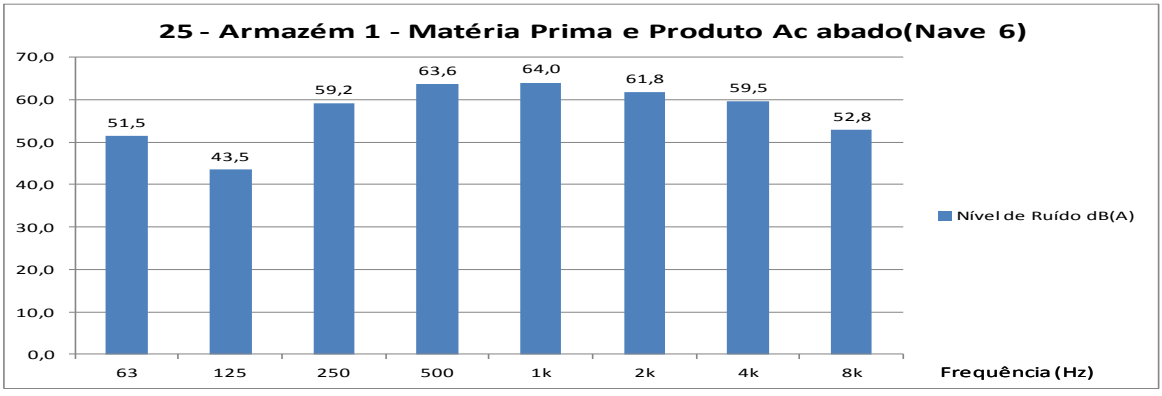
Atividade	Equipamento	Descrição
Gases Industriais		Reserva gás industrial em garrafas de aço de 10m3 sob uma pressão de 200 bar (estado líquido) para soldadura MIG/MAG: mistura de gás ativo (CO_2) e gás inerte (Árgon), acondicionadas em espaço ventilado e seguro.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



N	24 - Armazém 1 - Matéria Prima e Produto Intermédio							
A	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
V	Nível de Ruído dB(A)	61,6	54,6	70,3	74,7	75,1	72,9	70,6	63,9
E	***L Aeq,Tk*** dB(A)	**80,3**							
5	***L Cpico*** dB(C)	**97,8**							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L n dB(A)	48,1	42,7	60,3	61,7	60,0	52,7	49,4	35,5
	L Aeq,Tk, efect dB(A)	**65,9**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L n dB(A)	55,7	49,8	55,6	54,4	52,1	45,5	39,2	32,3
	L Aeq,Tk, efect dB(A)	**61,2**							

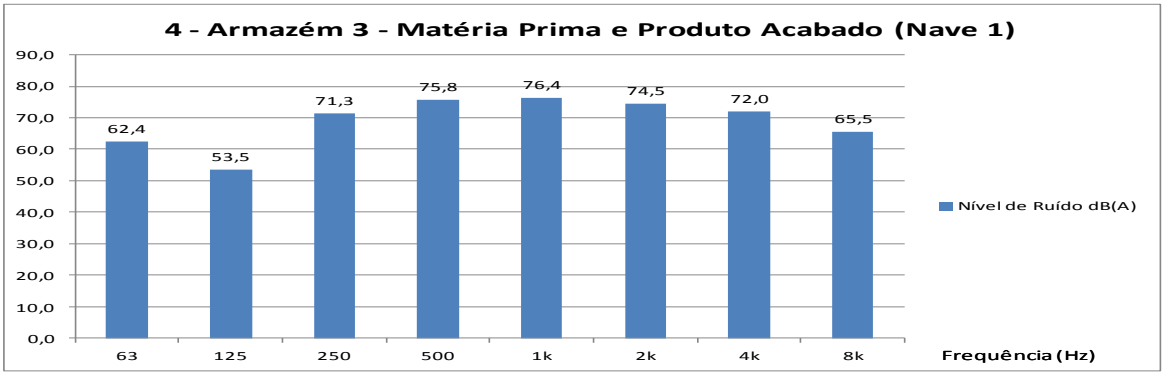


Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

N	25 - Armazém 2 - Matéria Prima e Produto Acabado								
A	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
V	Nível de Ruído dB(A)	51,5	43,5	59,2	63,6	64,0	61,8	59,5	52,8
E	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	69,2							
6	L_{Cpico} dB(C)	85,7							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	38,0	31,6	49,2	50,6	48,9	41,6	38,3	24,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	54,8							

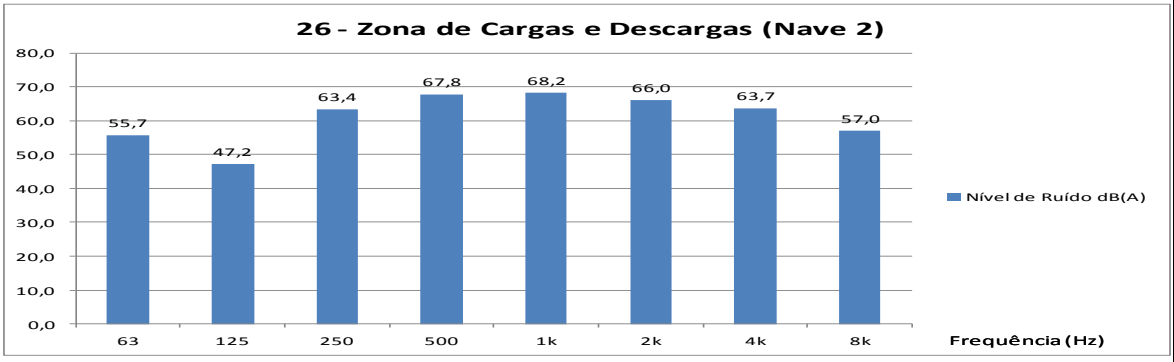
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	45,6	38,7	44,5	43,3	41,0	34,4	28,1	21,2
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	50,4							



N	4 - Armazém 3 - Matéria Prima e Produto Acabado							
A	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
V	Nível de Ruído dB(A)	62,4	53,5	71,3	75,8	76,4	74,5	72,0	65,5
E	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	81,6							
1	L_{Cpico} dB(C)	97,9							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	48,9	41,6	61,3	62,8	61,3	54,3	50,8	37,1
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	67,1							

3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	56,5	48,7	56,6	55,5	53,4	47,1	40,6	33,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	62,1							



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

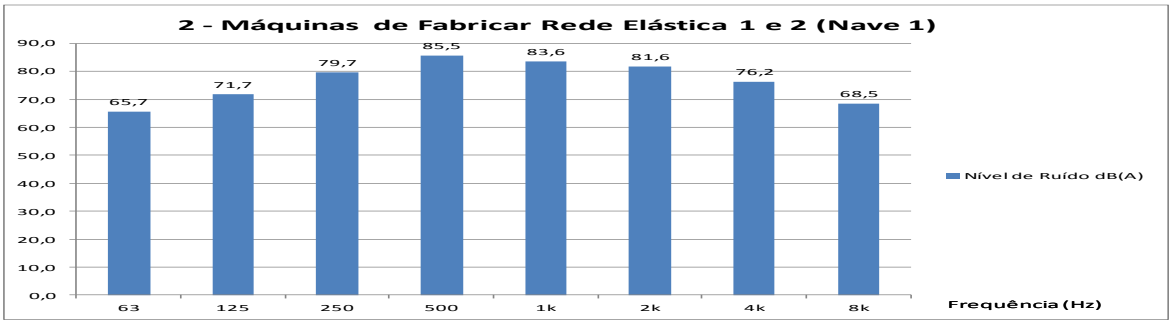
N A V E 2	26 - Zona de Cargas e Descargas								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	55,7	47,2	63,4	67,8	68,2	66,0	63,7	57,0
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	73,4							
	L_{Cpico} dB(C)	92,6							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	42,2	35,3	53,4	54,8	53,1	45,8	42,5	28,6
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	59,0							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	49,8	42,4	48,7	47,5	45,2	38,6	32,3	25,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	54,6							

(Fonte: Autor)

Quadro 95 – Fabrico de rede elástica

FABRICO DE REDE ELÁSTICA		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Alimentação das Máquinas 1 e 2 com dois rolos de arame por máquina; Preparação mecânica de dimensões de corte, trabalho e enrolamento; Programação informática das operações de produção; Recolha dos rolos.
Produção		Sistema automático de alimentação dos arames a partir de cada um dos dois rolos para preparação e fabricação da malha de rede elástica cruzada e plastificada.
Enrolamento		Finalização da rede elástica plastificada com enrolamento automático do produto acabado.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos									
NAVE 1	2 - Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	65,7	71,7	79,7	85,5	83,6	81,6	76,2	68,5
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	89,5							
	L_{Cpico} dB(C)	108,5							
	L_{W} dB(A)	97,5							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	88,9							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	52,2	59,8	69,7	72,5	68,5	61,4	55,0	40,1
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	75,7							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	59,8	66,9	65,0	65,2	60,6	54,2	44,8	36,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	71,4							

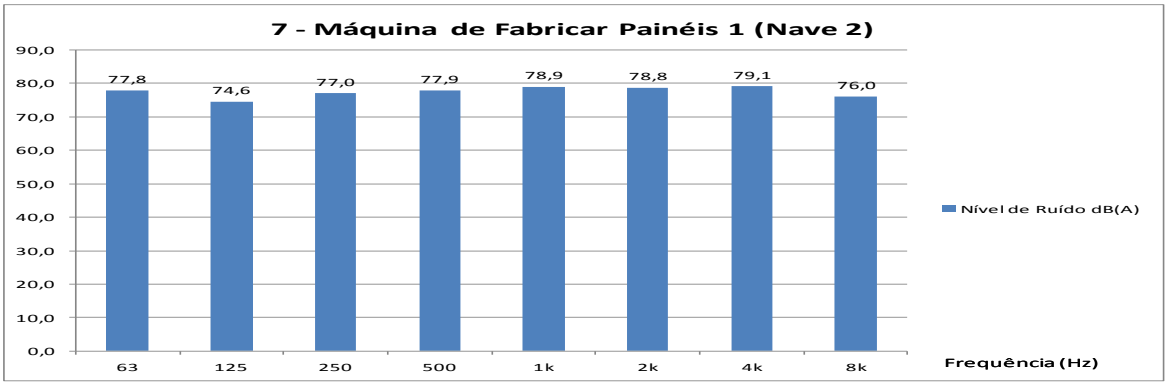
(Fonte: Autor)

Quadro 96 – Endireitamento de arame e fabrico de painéis

ENDIREITAMENTO DE ARAME E FABRICO DE PAINÉIS		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Alimentação das Máquinas 1 e 2 com um rolo de arame em cada lado; Preparação mecânica de dimensões de corte, trabalho e soldadura; Programação informática das operações de produção; Recolha dos painéis em paletes.
Endireitamento e Corte Automático de Arame		Sistema automático de preparação dos arames a soldar de forma cruzada em ângulo de 90º, através de duas bases rotativas para os rolos sincronizadas com os mecanismos motorizados de endireitamento e corte.
Soldadura Automática por Resistência a Ponto		Processo de soldadura por resistência a ponto em série através de um conjunto de elétrodos movidos verticalmente por cilindros eletro-pneumáticos tandem atuando ligeiramente desfasados evitando picos de corrente elétrica.
Transporte dos Painéis Soldados		Transporte dos painéis soldados através de um sistema de pinças eletro-pneumáticas desde o final do processo de soldadura até ao encaminhamento e finalização do processo hidráulico de prensagem/quinagem.

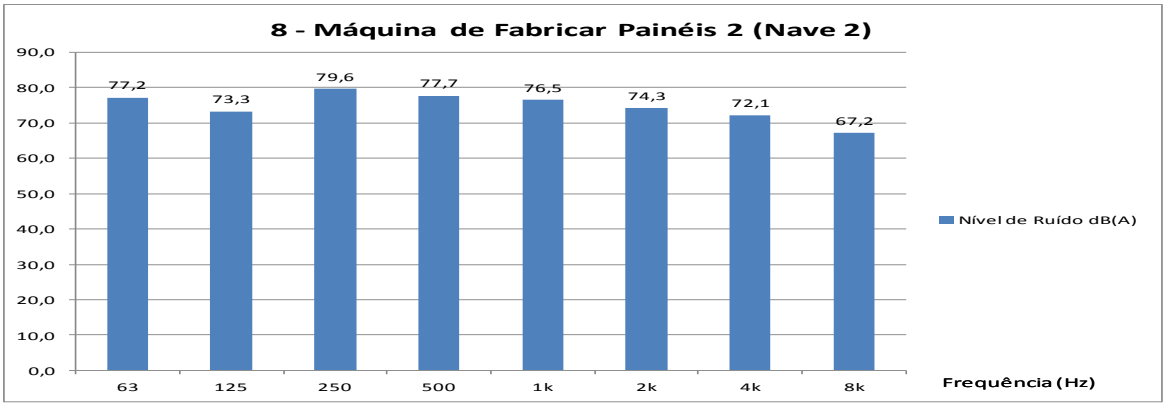
Atividade	Equipamento	Descrição
Prensagem / Quinagem dos Painéis Soldados		Prensagem/Quinagem através de um processo hidráulico de conformação em se provoca a flexão de um painel longitudinalmente, fazendo com que este dobre em ângulo de 45º formando saliências de embelezamento em triângulo.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



NAVE 2	7 - Máquina de Fabricar Painéis 1							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	77,8	74,6	77,0	77,9	78,9	78,8	79,1	76,0
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**86,8**							
	L_{Cpico} dB(C)	**110,1**							
	L_{W} dB(A)	**94,8**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**87,0**							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	64,3	62,7	67,0	64,9	63,8	58,6	57,9	47,6
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**72,2**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	71,9	69,8	62,3	57,6	55,9	51,4	47,7	44,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**74,5**							



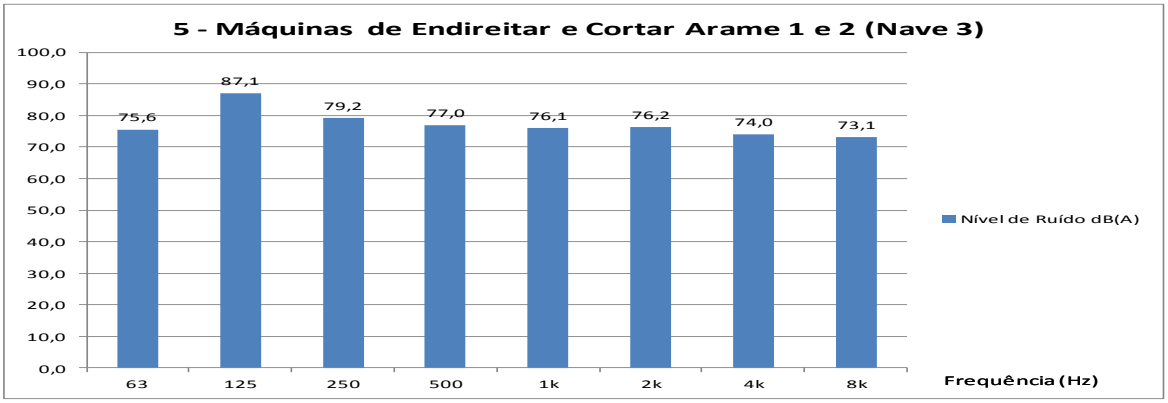
Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos									
NAVE 2	8 - Máquina de Fabricar Painéis 2								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	77,2	73,3	79,6	77,7	76,5	74,3	72,1	67,2
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	85,0							
	L_{Cpico} dB(C)	110,3							
	L_{W} dB(A)	93,0							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	87,0							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	63,7	61,4	69,6	64,7	61,4	54,1	50,9	38,8
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	72,4							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	71,3	68,5	64,9	57,4	53,5	46,9	40,7	35,6
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	73,9							

(Fonte: Autor)

Quadro 97 – Endireitamento e corte de arame

ENDIREITAMENTO E CORTE DE ARAME		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Endireitamento, corte e agrupamento ajustado do arame zincado nas Máquinas 1 e 2 em molhos para transporte mecânico por empilhador até à grua de alimentação da Máquina de Fabrico de Painéis 3.
Endireitamento Automático de Arame		Sistema automático de preparação dos arames a soldar de forma cruzada em ângulo de 90º, através de uma base rotativa para o rolo, sincronizada com os mecanismos motorizados de endireitamento e corte por excêntrico.
Corte Automático de Arame		Corte automático do arame zincado através de sistema motorizado com embraiagem sobre mecanismo excêntrico de atuação sincronizada com um detetor de fim de curso e válvulas de comando eletro-pneumáticas.
Agrupamento Ajustado do Molho de Arame		Agrupamento ajustado dos arames zincados em molho através de sistema motorizado com acoplamentos excêntricos diretos em cada uma das pontas do recetáculo dos arames cortados, atuando de forma programada por quantidades.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



NAVE 3	5 - Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	75,6	87,1	79,2	77,0	76,1	76,2	74,0	73,1
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**89,1**							
	L_{Cpico} dB(C)	**112,2**							
	L_{W} dB(A)	**97,1**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**87,8**							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	62,1	75,2	69,2	64,0	61,0	56,0	52,8	44,7
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**76,8**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	69,7	82,3	64,5	56,7	53,1	48,8	42,6	41,5
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**82,6**							

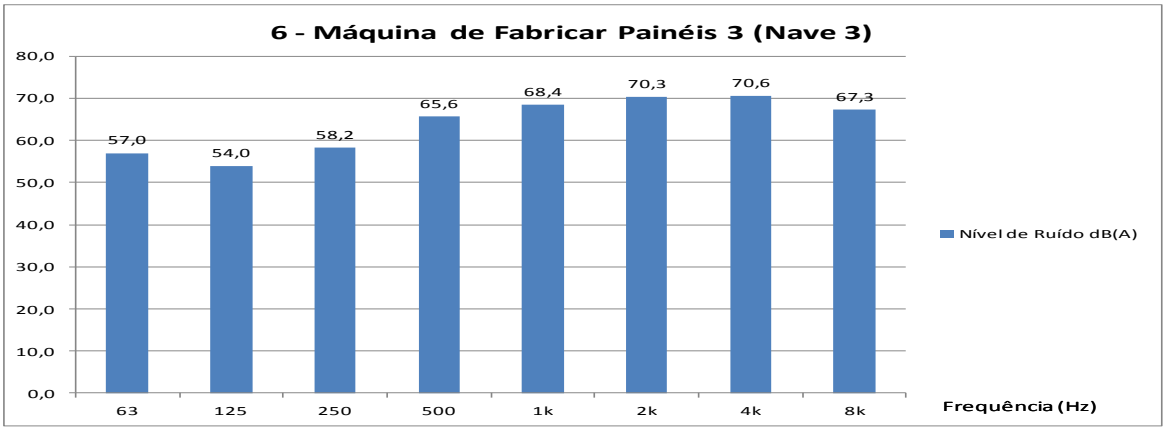
(Fonte: Autor)

Quadro 98 – Fabrico de painéis

FABRICO DE PAINÉIS		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Alimentação, por deslizamento nas plataformas desfasadas a 90º entre si, dos arames já direitos e cortados até soldadura por resistência a ponto; Programação informática das operações de produção; Recolha dos painéis em paletes.
Colocação dos Molhos de Arame nas Bases Deslizantes		Movimentação mecânica dos molhos de arame através de grua elétrica de base fixa, comandada manualmente por operador, para elevação e colocação nas duas plataformas deslizantes da máquina de fabrico de painéis.

Atividade	Equipamento	Descrição
Alimentação Automática de Arame		Sistema com dois alimentadores automáticos, localizados nos extremos das plataformas deslizantes, para colocação sincronizada dos arames na base de junção longitudinal dos elétrodos de soldadura por resistência a ponto.
Soldadura Automática por Resistência a Ponto		Processo de soldadura por resistência a ponto em série através de um conjunto de elétrodos movidos verticalmente por cilindros eletro-pneumáticos tandem atuando ligeiramente desfasados evitando picos de corrente elétrica.
Transporte dos Painéis Soldados		Transporte dos painéis soldados através de um sistema de pinças eletro-pneumáticas desde o final do processo de soldadura até ao encaminhamento e finalização do processo hidráulico de prensagem/quinagem.
Prensagem / Quinagem dos Painéis Soldados		Prensagem/Quinagem através de um processo hidráulico de conformação em se provoca a flexão de um painel longitudinalmente, fazendo com que este dobre em ângulo de 45º formando saliências de embelezamento em triângulo.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

NAVE 3	6 - Máquina de Fabricar Painéis 3								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	57,0	54,0	58,2	65,6	68,4	70,3	70,6	67,3
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	76,0							
	L_{Cpico} dB(C)	114,9							
	L_{W} dB(A)	84,0							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	82,0							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	43,5	42,1	48,2	52,6	53,3	50,1	49,4	38,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	58,4							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	51,1	49,2	43,5	45,3	45,4	42,9	39,2	35,7
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	55,2							

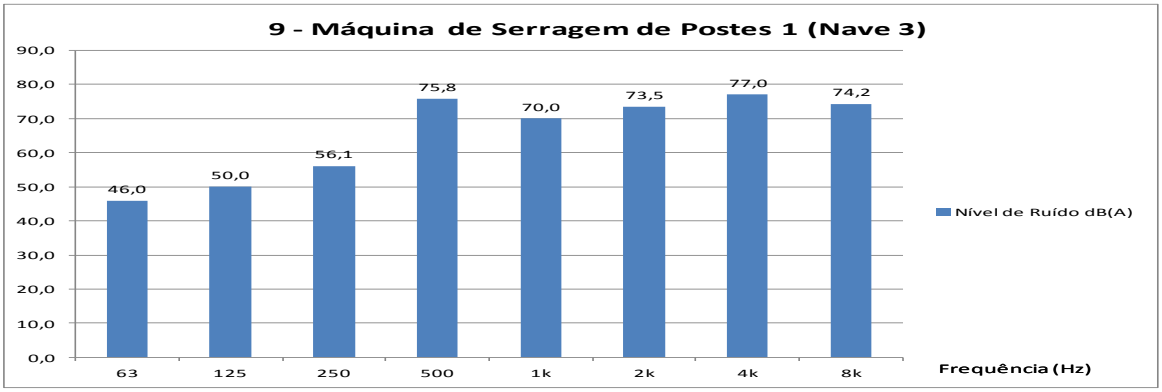
(Fonte: Autor)

Quadro 99 – Serragem elétrica

SERRAGEM ELÉTRICA

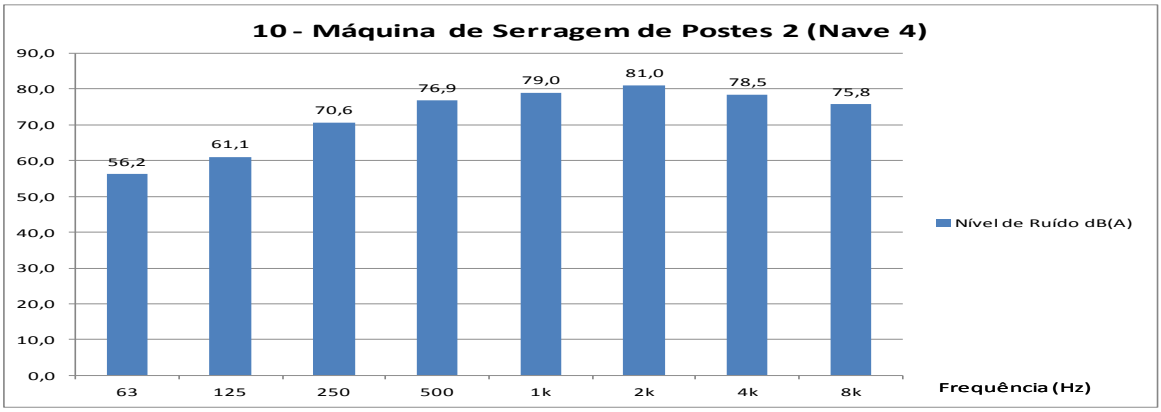
Atividade	Equipamento	Descrição
		A serragem de tubagens metálicas é realizada através das Máquinas de Corte 1 e 2, programáveis e dotadas de sistema automático de lubrificação, utilizando fita de aço denteada em serra.
Serragem		Corte programável de tubagens necessárias ao fabrico de postes e portões metálicos e zincados, através de serragem elétrica com fita dentada em serra, lubrificada automaticamente, sobre bases ajustáveis de aperto.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

NAVE 3	9 - Máquina de Serragem de Postes 1								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	46,0	50,0	56,1	75,8	70,0	73,5	77,0	74,2
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	81,7							
	L_{Cpico} dB(C)	116,0							
	L_{W} dB(A)	89,7							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	87,2							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	32,5	38,1	46,1	62,8	54,9	53,3	55,8	45,8
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	64,6							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	40,1	45,2	41,4	55,5	47,0	46,1	45,6	42,6
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	57,5							



NAVE 4	10 - Máquina de Serragem de Postes 2								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	56,2	61,1	70,6	76,9	79,0	81,0	78,5	75,8
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	85,8							
	L_{Cpico} dB(C)	118,5							
	L_{W} dB(A)	93,8							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	88,7							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	42,7	49,2	60,6	63,9	63,9	60,8	57,3	47,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	69,0							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	50,3	56,3	55,9	56,6	56,0	53,6	47,1	44,2
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	63,2							

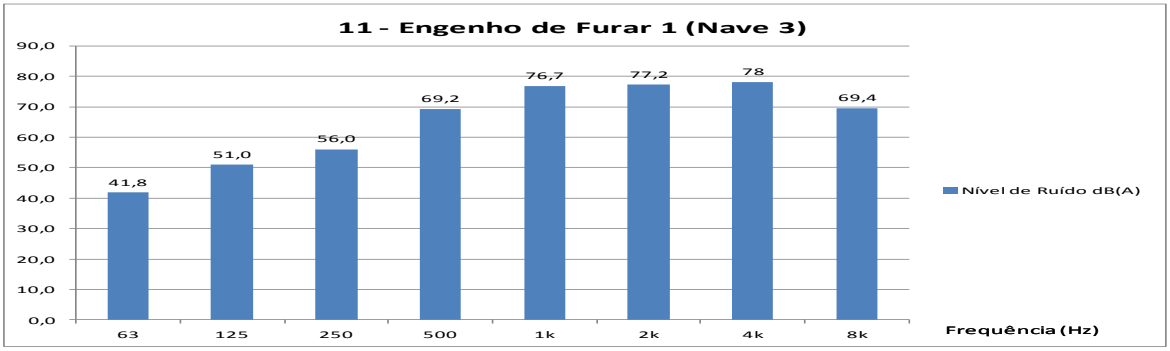
(Fonte: Autor)

Quadro 100 – Furação metálica

FURAÇÃO METÁLICA		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		A furação é normalmente efetuada através de berbequins manuais ou elétricos em função do material a furar e da sua localização, e de engenhos de furar manuais para trabalhos de precisão ou automáticos para alta precisão.

Atividade	Equipamento	Descrição
Furação em Engenho		Furação metálica pelos Engenhos de Furar 1 e 2 controlados manualmente através de sistema elevatório comandado por alavanca tripla por forma a garantir o processo descendente e ascendente da bucha com a broca em rotação.
Furação em Máquina Automática		Furação de postes, previamente colocados, alinhados e devidamente ajustados, comandada automaticamente por controlo numérico computorizado, enquanto processo que acompanha em avanço a rebitagem mecânica.

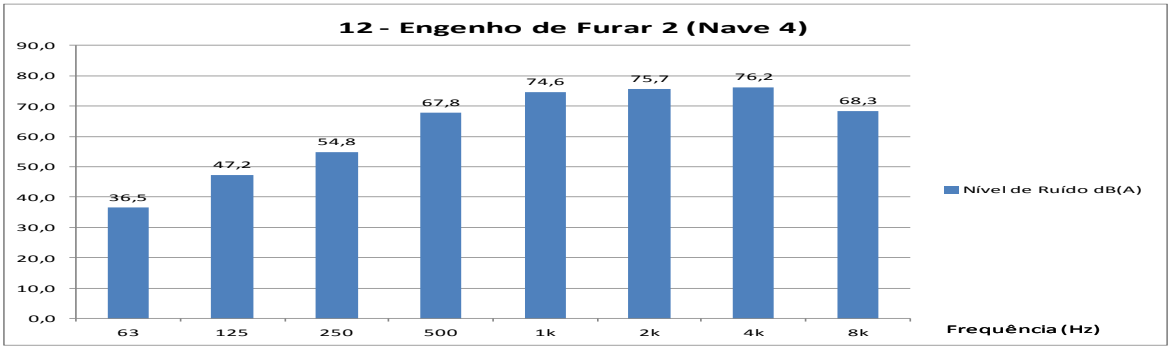
Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



NAVE 3	11 - Engenho de Furar 1							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	41,8	51,0	56,0	69,2	76,7	77,2	78	69,4
	L Aeq,Tk dB(A)	**82,6**							
	L Cpico dB(C)	**105,1**							
	L W dB(A)	**90,6**							
	L Wfactory dB(A)	**85,3**							

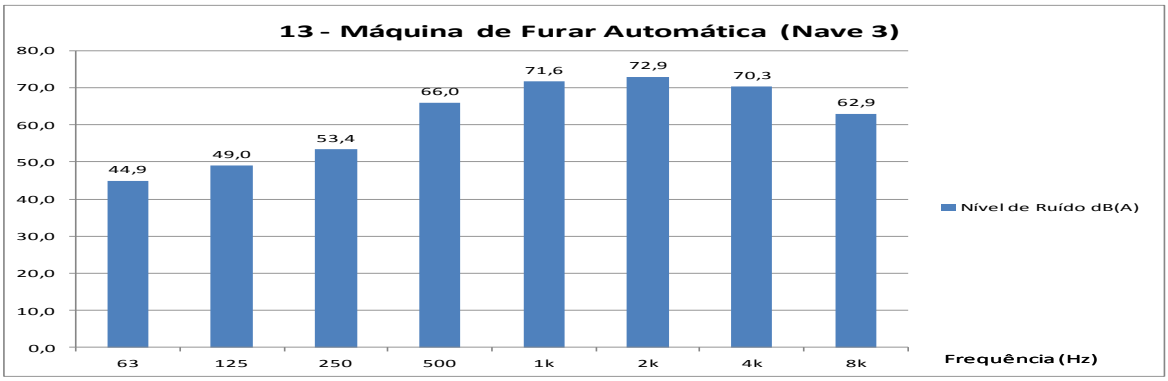
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L n dB(A)	28,3	39,1	46,0	56,2	61,6	57,0	56,8	41,0
	L Aeq,Tk, efect dB(A)	**64,6**							

3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L n dB(A)	35,9	46,2	41,3	48,9	53,7	49,8	46,6	37,8
	L Aeq,Tk, efect dB(A)	**57,1**							



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

NAVE 4	12 - Engenho de Furar 2							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	36,5	47,2	54,8	67,8	74,6	75,7	76,2	68,3
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**80,8**							
	L_{Cpico} dB(C)	**103,2**							
	L_{W} dB(A)	**88,8**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**82,9**							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	23,0	35,3	44,8	54,8	59,5	55,5	55,0	39,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**62,8**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	30,6	42,4	40,1	47,5	51,6	48,3	44,8	36,7
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**55,2**							



NAVE 3	13 - Máquina de Furar Automática							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	44,9	49,0	53,4	66,0	71,6	72,9	70,3	62,9
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**77,1**							
	L_{Cpico} dB(C)	**100,4**							
	L_{W} dB(A)	**85,1**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**82,2**							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	31,4	37,1	43,4	53,0	56,5	52,7	49,1	34,5
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**59,8**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	39,0	44,2	38,7	45,7	48,6	45,5	38,9	31,3
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**52,9**							

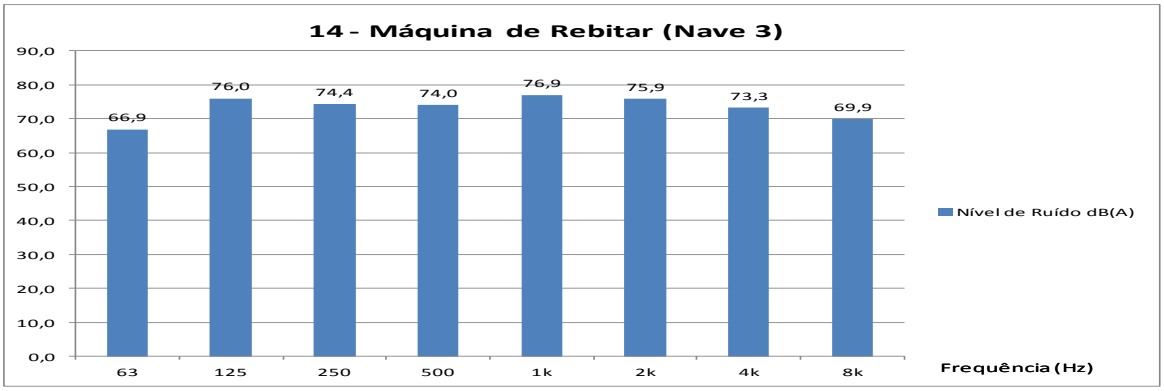
(Fonte: Autor)

Quadro 101 – Rebitagem à máquina

REBITAGEM À MÁQUINA		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Processo manual preparatório de rebitagem por colocação distribuída dos rebites nos postes metálicos galvanizados, subsequente à furação e seguido de rebitagem semiautomática por recurso a pistola hidráulico-pneumática.

Atividade	Equipamento	Descrição
Aplicação de Rebites Roscados		Rebitagem de porcas especiais em formato de rebite roscado no interior através de pistola hidráulico-pneumática portadora de uma ponta roscada para aperto inicial e junção dos rebites aos postes com posterior extração da ponta.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

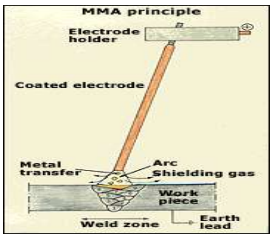
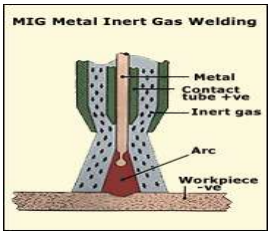
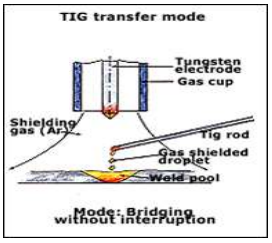


NAVE 3	14 - Máquina de Rebitar							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	66,9	76,0	74,4	74,0	76,9	75,9	73,3	69,9
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**83,4**							
	L_{Cpico} dB(C)	**106,5**							
	L_{W} dB(A)	**91,4**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**83,8**							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	53,4	64,1	64,4	61,0	61,8	55,7	52,1	41,5
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**69,5**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	61,0	71,2	59,7	53,7	53,9	48,5	41,9	38,3
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**72,0**							

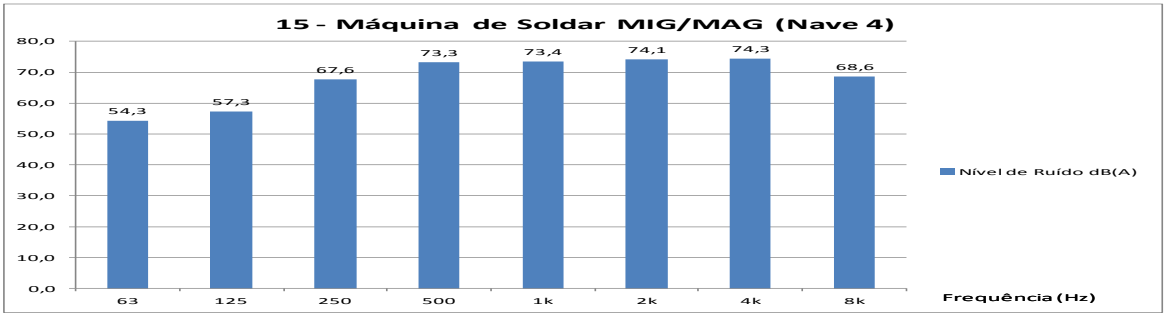
(Fonte: Autor)

Quadro 102 – Soldadura

SOLDADURA		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		A soldadura tem por objetivo unir duas ou mais peças metálicas de modo permanente, maioritariamente por recurso à sua fusão na zona de contacto ou adicionando um material (solda em forma de arame) na zona a unir.

Atividade	Equipamento	Descrição
SER		A soldadura manual com arco elétrico é também conhecida como soldadura com arco protegido, Soldadura com Elétrodo Revestido (SER) ou "soldadura eletrogéneo", sendo o mais antigo e versátil dos vários processos de soldadura..
MIG/MAG		Formação de um arco entre um fio elétrodo alimentado de forma contínua e a peça de trabalho. Proteção da contaminação atmosférica por um envelope de gás ativo CO_2 (MAG) ou inerte (MIG), sendo comum utilizar-se o Árgon.
TIG		Soldadura por arco elétrico com proteção gasosa e elétrodo de tungsténio não consumível, "soldadura com gás e tungsténio" ou soldadura TIG (Tungsten Inert Gas). A eventual adição de material, é feita através da fusão de um fio ou vareta no banho em fusão.
Resistência a Ponto		O mais conhecido processo de soldadura por resistência. Regra geral, destinado à soldadura de chapas de metal. A solda limita-se a um ou mais pontos e as duas peças acabam por se sobrepor, utilizando-se pontas de elétrodos.
Resistência a Ponto Automática		Processo de soldadura por resistência a ponto em série através de um conjunto de elétrodos movidos verticalmente por cilindros eletro-pneumáticos tandem atuando ligeiramente desfasados evitando picos de corrente elétrica.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

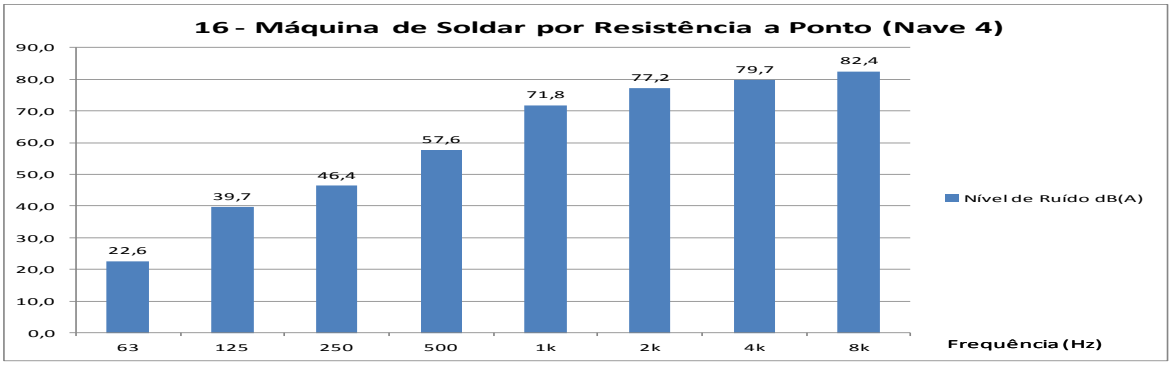


Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

NAVE 4	15 - Máquina de Soldar MIG/MAG								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	54,3	57,3	67,6	73,3	73,4	74,1	74,3	68,6
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	80,4							
	L_{Cpico} dB(C)	87,2							
	L_{W} dB(A)	88,4							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	83,5							

EAR ULTRA FIT								
Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
L_{n} dB(A)	40,8	45,4	57,6	60,3	58,3	53,9	53,1	40,2
$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	64,5							

3M 1440								
Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
L_{n} dB(A)	48,4	52,5	52,9	53,0	50,4	46,7	42,9	37,0
$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	59,2							



NAVE 4	16 - Máquina de Soldar por Resistência a Ponto							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	22,6	39,7	46,4	57,6	71,8	77,2	79,7	82,4
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	85,3							
	L_{Cpico} dB(C)	115,7							
	L_{W} dB(A)	93,3							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	88,5							

EAR ULTRA FIT								
Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
L_{n} dB(A)	9,1	27,8	36,4	44,6	56,7	57,0	58,5	54,0
$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	62,9							

3M 1440								
Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
L_{n} dB(A)	16,7	34,9	31,7	37,3	48,8	49,8	48,3	50,8
$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	55,7							

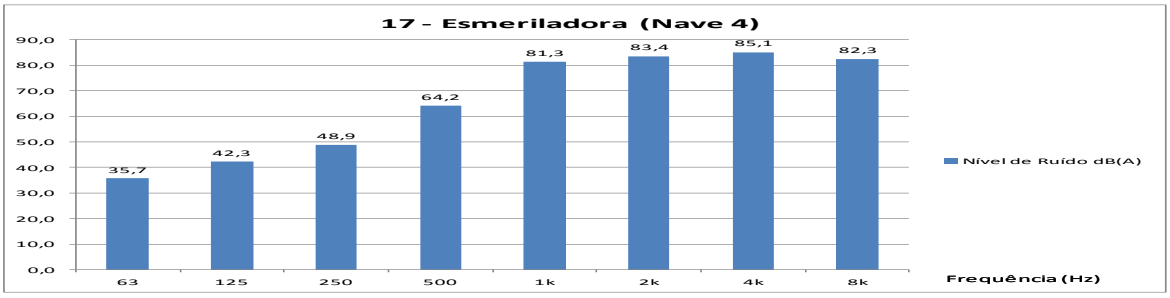
(Fonte: Autor)

Quadro 103 – Esmerilagem, retificação e polimento

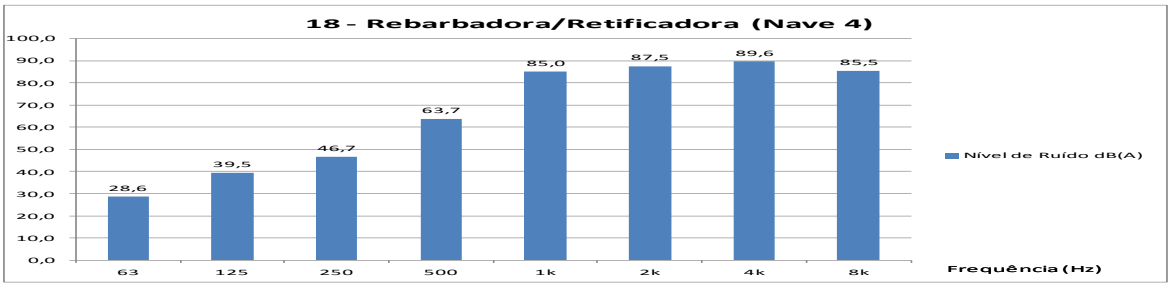
ESMERILAGEM, RETIFICAÇÃO E POLIMENTO		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Os processos de esmerilagem, retificação/rebarbagem e polimento têm por objetivo uma preparação para a soldadura e/ou maquinação e eliminar espessuras metálicas resultantes de processos de soldadura.

Atividade	Equipamento	Descrição
Esmerilagem		A esmerilagem serve de preparação à soldadura e/ou à maquinação, afiamento de metais e eliminação de espessuras metálicas resultantes de processos de soldadura com vista a um pré-acabamento para pintura.
Rebarbagem / Retificação		A retificação/rebarbagem serve de preparação à soldadura e/ou maquinação e eliminação de espessuras metálicas resultantes de processos de soldadura com vista a um pré-acabamento conducente à pintura.
Polimento		O polimento serve de preparação à soldadura e/ou maquinação e eliminação de pequenas irregularidades e rebarbas metálicas resultantes de processos de soldadura com vista a um pré-acabamento conducente à pintura.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

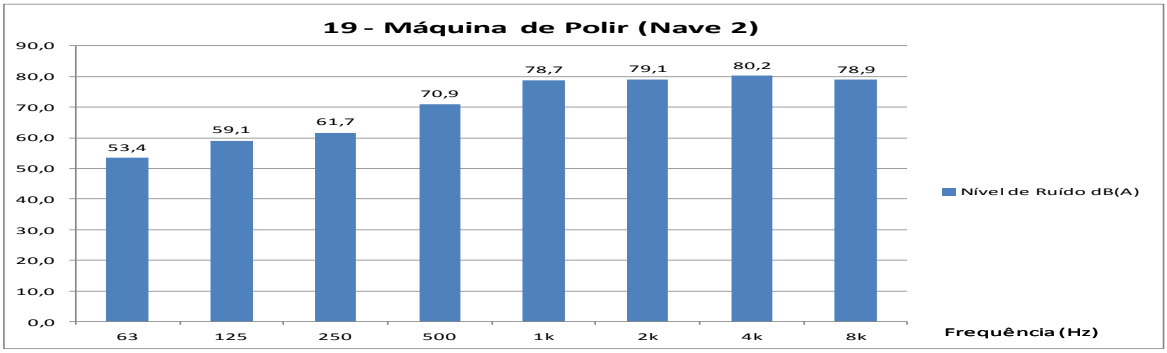


NAVE 4	17 - Esmeriladora							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	35,7	42,3	48,9	64,2	81,3	83,4	85,1	82,3
	L Aeq,Tk dB(A)	**89,3**							
	L Cpico dB(C)	**114,1**							
	L W dB(A)	**97,3**							
	L Wfactory dB(A)	**88,9**							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L n dB(A)	22,2	30,4	38,9	51,2	66,2	63,2	63,9	53,9
	L Aeq,Tk, efect dB(A)	**69,6**							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L n dB(A)	29,8	37,5	34,2	43,9	58,3	56,0	53,7	50,7
	L Aeq,Tk, efect dB(A)	**61,6**							



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

NAVE 4	18 - Rebarbadora/Retificadora								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	28,6	39,5	46,7	63,7	85,0	87,5	89,6	85,5
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	93,3							
	L_{Cpico} dB(C)	119,7							
	L_{W} dB(A)	101,3							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	90,1							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	15,1	27,6	36,7	50,7	69,9	67,3	68,4	57,1
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	73,6							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	22,7	34,7	32,0	43,4	62,0	60,1	58,2	53,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	65,5							



NAVE 2	19 - Máquina de Polir								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	53,4	59,1	61,7	70,9	78,7	79,1	80,2	78,9
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	85,5							
	L_{Cpico} dB(C)	110,3							
	L_{W} dB(A)	93,5							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	85,6							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	39,9	47,2	51,7	57,9	63,6	58,9	59,0	50,5
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	66,8							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	47,5	54,3	47,0	50,6	55,7	51,7	48,8	47,3
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	60,6							

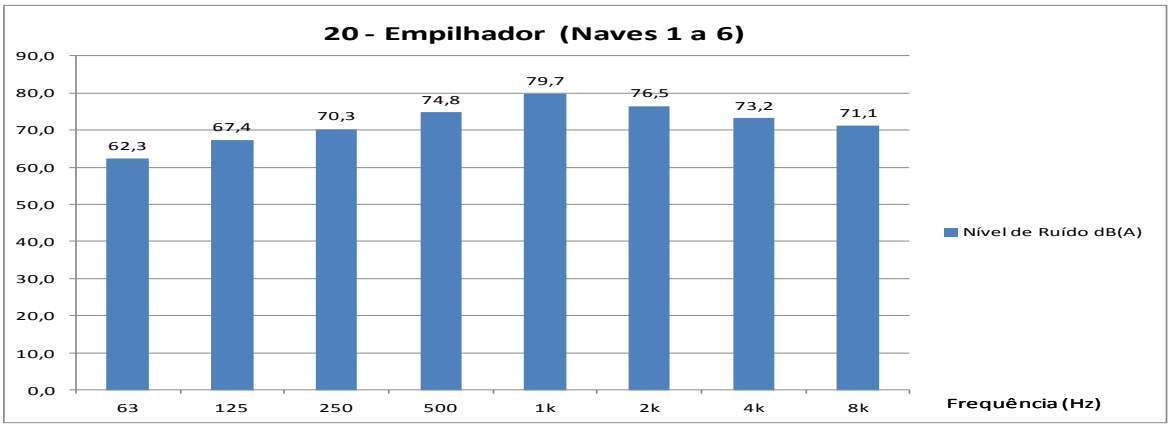
(Fonte: Autor)

Quadro 104 – Movimentação mecânica de cargas

MOVIMENTAÇÃO MECÂNICA DE CARGAS		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Empilhadores são máquinas utilizadas principalmente para carregar e descarregar mercadorias em paletes, com capacidades de carga que desde 1.000 kg a 16.000 kg, e de 2,00 metros até mais de 14 metros.

Atividade	Equipamento	Descrição
Movimentação de Cargas por Empilhador		Utilização de empilhadores robustos a Diesel com capacidades até 70 toneladas, e altura de elevação até 6,5 metros, com acessórios que podem aumentar a capacidade, autonomia e adequação a trabalhos específicos.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



NAVES 1 a 6	20 - Empilhador							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	62,3	67,4	70,3	74,8	79,7	76,5	73,2	71,1
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**83,4**							
	L_{Cpico} dB(C)	**105,8**							
	L_{W} dB(A)	**91,4**							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	**82,4**							

EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	48,8	55,5	60,3	61,8	64,6	56,3	52,0	42,7
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**68,1**							

3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	56,4	62,6	55,6	54,5	56,7	49,1	41,8	39,5
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	**65,4**							

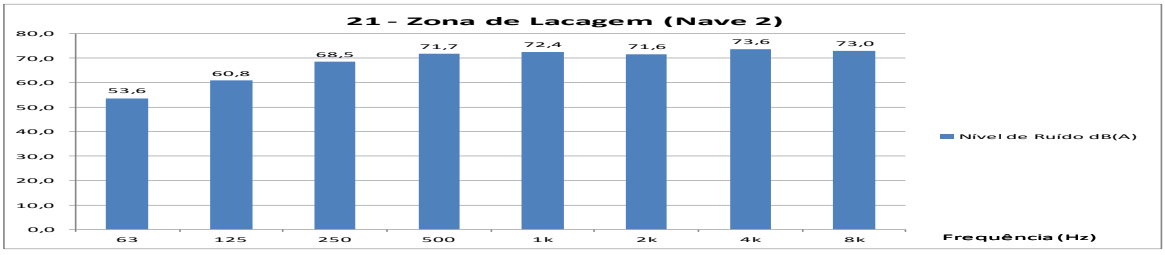
(Fonte: Autor)

Quadro 105 – Lacagem

LACAGEM		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		A lacagem ou pintura eletrostática é um processo que tem como finalidade o revestimento do ferro, alumínio ou outros metais com uma película de polímero termo-endurecível colorido (pó de poliéster).

Atividade	Equipamento	Descrição
Linha de Transporte		Limpar o excesso de tinta dos ganchos, retirar os painéis, postes e portões das paletes e pendurá-los na linha de transporte para encaminhamento túnel de pré-tratamento, retirar as paletes vazias e fazer ganchos novos.
Pré-Tratamento		Preparação das peças de forma a dotá-las de propriedades físico-químicas para resistência à corrosão e às intempéries, assim: Desengraxe, Lavagem, Desoxidação, Cromatização, Lavagem com água desmineralizada, Secagem.
Secagem		Nessa etapa a superfície das peças é convertida numa aderente e amorfa camada de mistura de óxidos metálicos, proporcionando resistência à corrosão, aderência e colagem da tinta, e durabilidade das superfícies.
Pintura Eletrostática		Este processo de pintura garante a flexibilidade da peça sem ofender a pintura. Quando uma peça é pintada a tinta recebe uma carga elétrica oposta à peça (diferença de potencial de aprox. 100.000 *Volts*, fazendo com que se fixe à peça.
Polimerização		A secagem da tinta, para cura, fixação e flexibilidade, é obtida pelo efeito do calor, na estufa ou forno. Um ótimo exemplo de pintura eletrostática a pó são as molas das motos: mesmo flexionadas, a tinta permanece intacta.
Controlo de Produção		Controlar os parâmetros do banho de tratamento, adicionar os produtos químicos, controlar a temperatura da estufa, alimentar a câmara com tinta em pó, controlar os parâmetros de projeção e as temperaturas.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

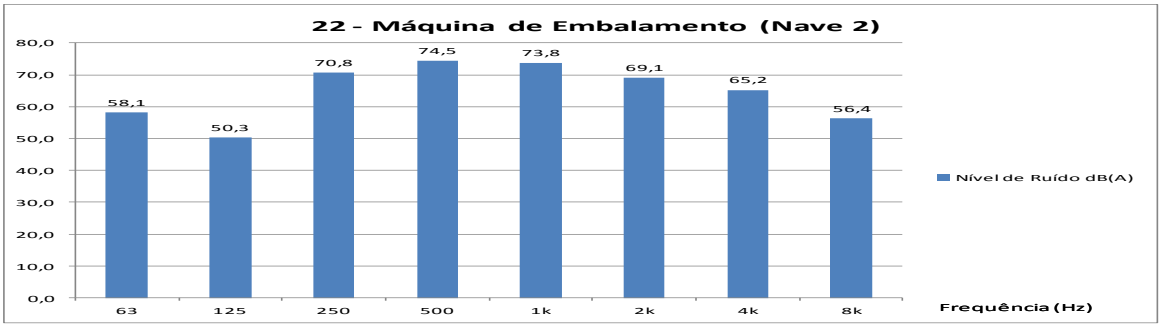
NAVE 2	21 - Zona de Lacagem							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	53,6	60,8	68,5	71,7	72,4	71,6	73,6	73,0
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	79,9							
	L_{Cpico} dB(C)	111,4							
	L_{W} dB(A)	87,9							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	82,1							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	40,1	48,9	58,5	58,7	57,3	51,4	52,4	44,6
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	63,8							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	47,7	56,0	53,8	51,4	49,4	44,2	42,2	41,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	59,9							

(Fonte: Autor)

Quadro 106 – Acabamento e embalamento

ACABAMENTO E EMBALAMENTO		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Retoque das zonas de contactos dos ganchos com os painéis, postes e portões, transporte das paletes da zona de acabamento para a envolvedora e cintadora, montagem de parafusos e fechaduras nos postes e portões.
Retoque de Pintura à Pistola		Preparar a pistola de pintar e da tinta a aplicar, retocar as zonas necessárias, após limagem e alisamento das zonas imperfeitas, proceder ao espalhamento da tinta por vaporização pressurizada por ar comprimido.
Embalamento Mecânico		Acondicionar os painéis, postes e portões sobre a palete devidamente apoiada e centralizada na plataforma giratória, proceder ao envolvimento da carga com o filme de plástico e à fixação manual através de alicate de cintagem.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

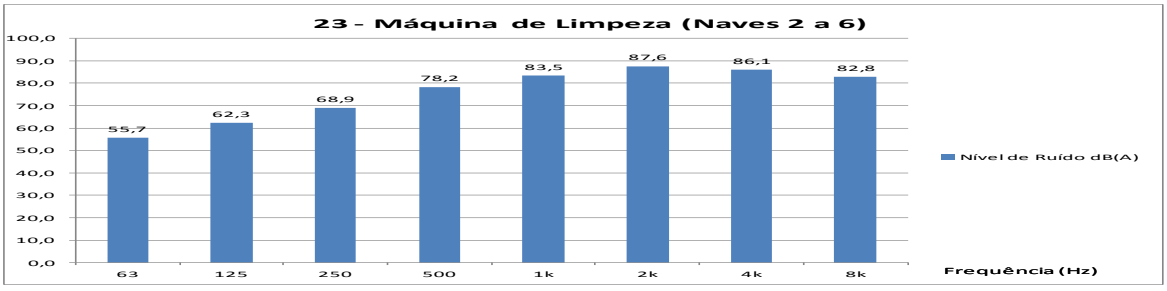
NAVE 2	22 - Máquina de Embalamento								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	58,1	50,3	70,8	74,5	73,8	69,1	65,2	56,4
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	78,9							
	L_{Cpico} dB(C)	85,9							
	L_{W} dB(A)	86,9							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	79,9							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	44,6	38,4	60,8	61,5	58,7	48,9	44,0	28,0
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	65,4							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	52,2	45,5	56,1	54,2	50,8	41,7	33,8	24,8
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	60,0							

(Fonte: Autor)

Quadro 107 – Limpeza e lavagem

LIMPEZA E LAVAGEM		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Processo pelo qual se suspende ou dissolve a sujidade em água, para eliminação dos materiais indesejáveis que se encontram no chão, equipamentos e utensílios, deixando-os limpos e sem vestígios dos agentes de limpeza.
Manual		Remoção de resíduos sólidos no chão por ação física, transferência dos resíduos recolhidos com a vassoura para o lixo, limpezas com panos e esfregões, lavagem de pisos movendo a esfregona formando linhas longitudinais.
Mecânica		Recolha mecanizada de resíduos sólidos através do movimento de escovas giratórias acionadas pelo movimento da força motriz da máquina de limpeza e aspiração, apropriada para espaços e ambientes industriais.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

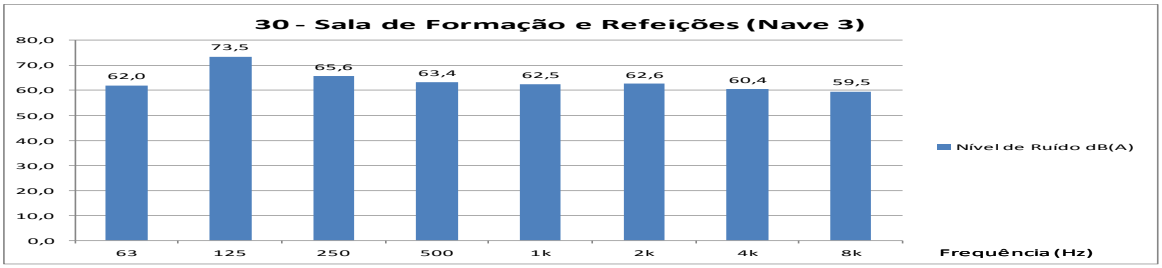
NAVES 2 a 6	23 - Máquina de Limpeza							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	55,7	62,3	68,9	78,2	83,5	87,6	86,1	82,8
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	91,7							
	L_{Cpico} dB(C)	116,3							
	L_{W} dB(A)	99,7							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	90,0							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_{n} dB(A)	42,2	50,4	58,9	65,2	68,4	67,4	64,9	54,4
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	73,0							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_{n} dB(A)	49,8	57,5	54,2	57,9	60,5	60,2	54,7	51,2
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	66,2							

(Fonte: Autor)

Quadro 108 – Apoio social e desenvolvimento profissional

APOIO SOCIAL E DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL		
Atividade	**Equipamento**	**Descrição**
		Infraestruturas básicas para apoio social e desenvolvimento pessoal, existentes na sala de formação profissional, reuniões de trabalho e refeições, contando ainda com um bebedouro de água fresca na zona mais quente da fábrica.
Sala de Refeições		Sala para formação profissional, reuniões de trabalho e confraternização em pausas, que também serve de apoio à preparação mínima, à conservação, à refrigeração e ao aquecimento de alimentos e refeições.
Sala de Formação e Reuniões		Sala para formação profissional contínua e reuniões da equipa de trabalhadores da Direção de Produção, dotada de mesa retangular, cadeiras, quadro branco, tomadas de energia elétrica e sistema de ventilação.

Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos



Componentes Espectrais do Ruído e Efeito Atenuador de Protetores Auditivos

NAVE 3	30 - Sala de Formação e Refeições								
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	62,0	73,5	65,6	63,4	62,5	62,6	60,4	59,5
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	75,5							
	L_{Cpico} dB(C)	99,8							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	48,5	61,6	55,6	50,4	47,4	42,4	39,2	31,1
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	63,2							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	56,1	68,7	50,9	43,1	39,5	35,2	29,0	27,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	69,0							

(Fonte: Autor)

Apresenta-se seguidamente a síntese dos níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A) e L_{Cpico} em dB(C) presentes nos locais de trabalho, Tabela 22, Figura 249 e Figura 250.

#	Locais de Trabalho	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	L_{Cpico} dB(C)
1	Alimentação de Ar Comprimido	85,6	99,3
2	Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2	89,5	108,5
3	Compressor	84,1	97,8
4	Armazém 3 - Matéria Prima e Produto Acabado	81,6	97,9
5	Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2	89,1	112,2
6	Máquina de Fabricar Painéis 3	76,0	114,9
7	Máquina de Fabricar Painéis 1	86,8	110,1
8	Máquina de Fabricar Painéis 2	85,0	110,3
9	Máquina de Serragem de Postes 1	81,7	116,0
10	Máquina de Serragem de Postes 2	85,8	118,5
11	Engenho de Furar 1	82,6	105,1
12	Engenho de Furar 2	80,8	106,2
13	Máquina de Furar Automática	77,1	100,4
14	Máquina de Rebitar	83,4	106,5
15	Máquina de Soldar MIG/MAG	80,4	87,2
16	Máquina de Soldar por Resistência a Ponto	85,3	115,7
17	Esmeriladora	89,3	114,1
18	Rebarbadora/Retificadora	93,3	119,7
19	Máquina de Polir	85,5	110,3
20	Empilhador	83,4	105,8
21	Zona de Lacagem	79,9	111,4
22	Máquina de Embalamento	78,9	85,9
23	Máquina de Limpeza	91,7	116,3
24	Armazém 1 - Matéria Prima e Produto Intermédio	80,3	97,8
25	Armazém 2 - Matéria Prima e Produto Acabado	69,2	85,7
26	Zona de Cargas e Descargas	73,4	92,6
27	Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa	57,8	73,4
28	Gabinete - Direção de Produção	62,6	73,7
29	Escritório - Estabelecimento Comercial	64,5	73,1
30	Sala de Formação e Refeições	75,5	99,8

Tabela 22 – Níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A) e L_{Cpico} em dB(C) nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

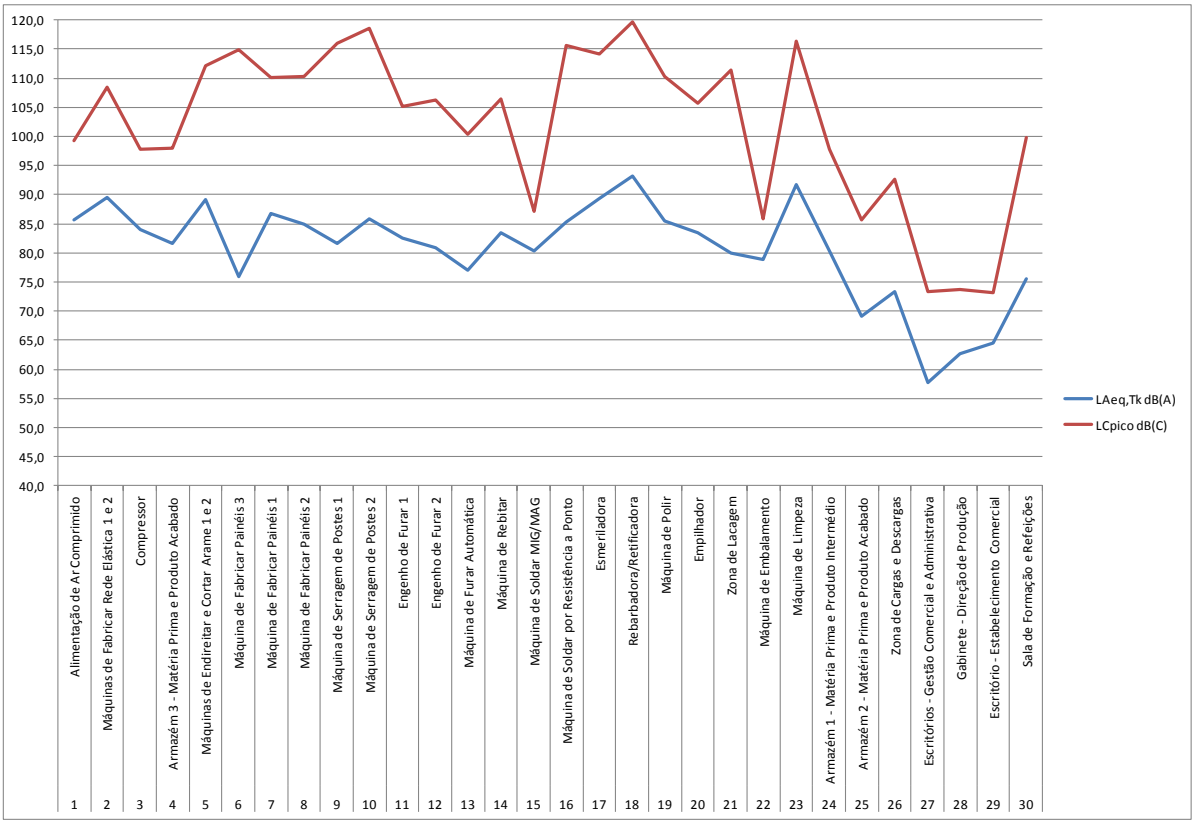


Figura 249 – Gráfico com os níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A) e L_{Cpico} em dB(C) nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

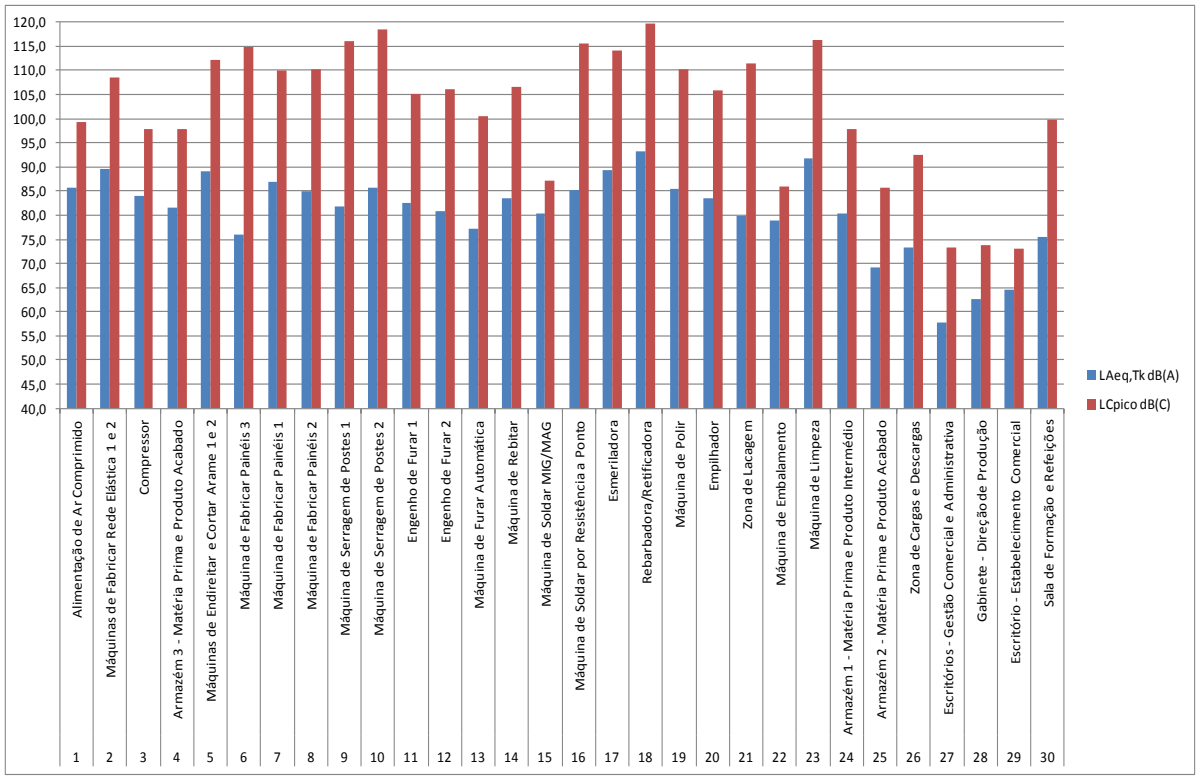


Figura 250 – Gráfico de barras com os níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A) e L_{Cpico} em dB(C) nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

3.4 Medidas de Controlo, Prevenção e Proteção

Muitas vezes negligenciado, o ruído induz um impacto severo nas pessoas, envolvendo irritação, efeitos fisiológicos, perda de audição, queda de produtividade no trabalho, nervosismo, insónia, etc. Um ouvido humano sadio responde a um amplo intervalo de níveis de pressão sonora, desde o limiar de audição a zero dB, com dano nos 100-120 dB e com dano e dor nos 130-140 dB. Devido aos impactos adversos do ruído na saúde humana e no meio ambiente é necessário realizar o seu controlo. A combinação de técnicas a serem empregadas para o controlo do ruído depende da extensão da redução de ruído requerido, das frequências de interesse, da natureza dos equipamentos utilizados e os aspetos econômicos das técnicas disponíveis (98). As diversas etapas envolvidas na estratégia para a gestão do ruído visando o seu controlo são ilustradas na Figura 251(182).

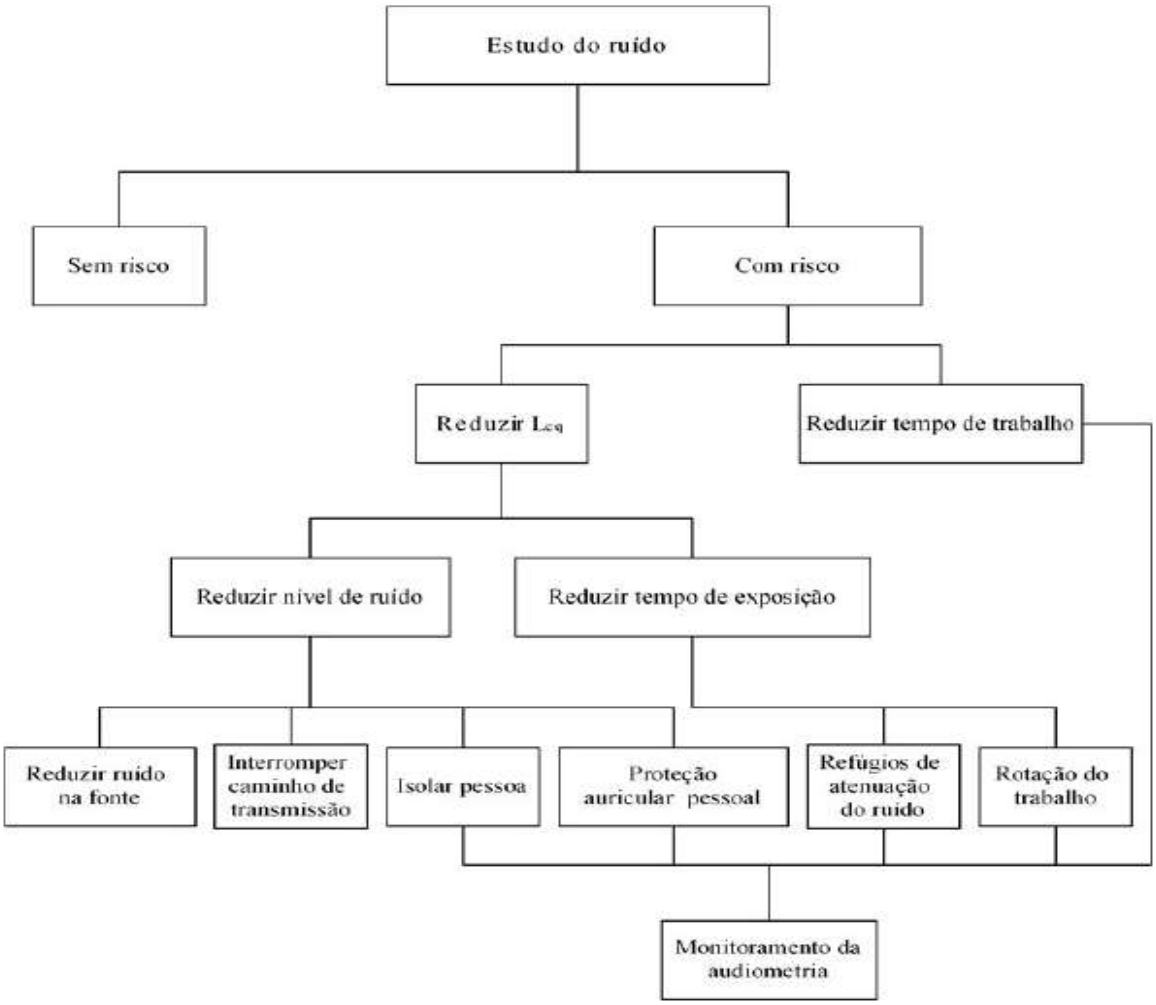


Figura 251 – Gestão de controlo do ruído

(Fonte: *Birla Institute of Technology & Science*, 2009)

A redução no tempo de exposição ao ruído, a colocação de barreiras nas fontes ou o isolamento das pessoas das fontes fazem parte das principais técnicas de controlo de ruído, assim como a proteção pessoal do ouvido, a redução de ruído na fonte e a modificação de trajetória das ondas do som. As técnicas empregadas para o controlo de ruído focam essencialmente o controlo da fonte, o controlo da trajetória de transmissão ou a utilização do equipamento de proteção(98).

A poluição sonora pode ser controlada na fonte através da redução dos níveis de ruído dos diversos setores industriais, do controlo das vibrações através de fundações adequadas, da seleção de maquinaria ou ferramentas com tecnologia superior que emita menos ruído, da manutenção das máquinas, entre outras formas. Em relação ao controlo da trajetória de transmissão, a mudança da trajetória incrementa o comprimento do percurso da onda e será absorvida, refratada ou irradiada no meio circundante. As técnicas disponíveis envolvem a instalação de barreiras entre fonte e receptor, instalação de painéis e enclausuramentos que incorporem materiais absorventes, e ainda o desenvolvimento de áreas arborizadas em torno da indústria, normalmente iguais a quatro vezes o tamanho dela. A utilização de equipamentos de proteção auditiva é o último passo na tecnologia de controlo de ruído, para o qual se deve medir a intensidade do problema, identificar o grupo humano de risco e avaliar a sua exposição aos diversos níveis de ruído(98).

A exposição a elevados níveis de ruído pode ser minimizada através da rotação do trabalho, redução do tempo da exposição e proteção auditiva. Os reportes para o ruído industrial normalmente apresentam informações referentes às normas utilizadas; posição e descrição das máquinas e as condições de instalação e operação; descrição dos ensaios referentes às capacidades de refletir, dissipar ou absorver ruído; número de trabalhadores expostos e duração da exposição; descrição dos instrumentos utilizados e métodos de calibração, bem como posições dos pontos de medição; resultados dos níveis de pressão sonora ponderados “A” ou através da análise por bandas de oitava; e níveis do ruído de fundo(98).

A eliminação ou a redução do ruído excessivo não é apenas uma responsabilidade jurídica para as entidades patronais, estando igualmente em causa os interesses comerciais da empresa. Quanto mais seguro e saudável for o ambiente de trabalho, menor é a probabilidade de absentismo, acidentes ou baixo rendimento dos trabalhadores, que constituem fatores onerosos. O ruído pode ser um problema em muitos locais de trabalho, não apenas em estaleiros e em fábricas, mas em qualquer lugar, de explorações agrícolas a cafés, de escolas a salas de espetáculo. Seja qual for o local de trabalho, há três medidas fundamentais para evitar que os trabalhadores sofram danos(183):

- ✓ Avaliação dos riscos;
- ✓ Com base na avaliação, adoção de medidas para prevenir ou controlar os riscos;
- ✓ Acompanhamento e reavaliação regular da eficácia das medidas adotadas.

A profundidade e o tipo da avaliação devem ser determinados em função do âmbito e da gravidade do problema existente no local de trabalho, embora deva ser tida em conta a totalidade dos riscos inerentes ao ruído. Por exemplo, as formas por que o ruído pode aumentar o risco de acidentes numa fábrica devem também ser consideradas, a par do risco de perda de audição induzida pelo ruído. Principais vertentes da avaliação dos riscos(183):

- ✓ Identificação dos diferentes riscos relacionados com o ruído na empresa. Por exemplo:
  - ➢ Há trabalhadores expostos a ruídos fortes que correm, potencialmente, o risco de vir a sofrer de perda de audição induzida pelo ruído?
  - ➢ Estão presentes substâncias perigosas suscetíveis de agravar o risco de danos auditivos?
  - ➢ Há tarefas em que o ruído dificulta a comunicação, aumentando, desta forma, o risco de acidentes?

- A natureza do ruído contribui para a ocorrência de stresse relacionado com o trabalho na empresa?

✓ Identificação das pessoas que podem ser afetadas e a forma como podem sê-lo, incluindo trabalhadores temporários e a tempo parcial, bem como trabalhadores de grupos de risco específicos, nomeadamente trabalhadoras grávidas;

✓ Avaliação das medidas já adotadas para controlar os níveis de ruído e identificação de novas medidas a adotar;

✓ Registo de todos os resultados e partilha dos mesmos com os trabalhadores e seus representantes.

Por ocasião da Semana Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho 2005, a Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho elaborou um relatório no qual analisa a forma como as diretivas comunitárias e normas complementares protegem os trabalhadores do ruído, diminuindo o pesado custo pessoal, social e económico que os acidentes e doenças resultantes da exposição ao ruído implicam. Não existem soluções óbvias para evitar a exposição temporária a níveis sonoros elevados e simultaneamente garantir a verdadeira expressão artística. Só é possível encontrar uma solução prática, combinando várias medidas de diminuição do som(184). Nos locais de trabalho em que se verifiquem níveis de ruído excessivos devem ser tomadas medidas de controlo que conduzam à diminuição até níveis sonoros considerados aceitáveis, Quadro 109(10).

Quadro 109 – Medidas de controlo para a redução da exposição dos trabalhadores a níveis sonoros excessivos

Âmbito	Nível de Ação	Observações
Medidas Organizacionais	Administrativo	Têm em vista a redução dos níveis sonoros ou do tempo de exposição por intermédio de **medidas de planificação e organização do trabalho**.
Medidas Construtivas ou de Engenharia	Fonte produtora de ruído	Alteração/adaptação das máquinas existentes com mecanismos que **reduzam a produção de ruído**.
	Vias de propagação	Visam controlar o ruído na sua trajetória de propagação, por utilização de **materiais absorventes** (corrigem o ruído emitido num determinado compartimento, diminuindo assim a energia sonora refletida) e **isolantes** (reduzem a quantidade de energia sonora transmitida entre locais contíguos).
Medidas de Proteção Individual	Recetor	Utilização de equipamentos de proteção individual.

(Fonte: Alberto Miguel, 2010)

Preferencialmente, devem ser aplicadas medidas que protejam o coletivo de trabalho, daí a importância da consideração e avaliação dos riscos de exposição ao ruído excessivo na fase de projeto, para que a planificação dos postos, processos e equipamentos de trabalho seja realizada segundo uma lógica de minimização deste risco. Evidentemente, estas considerações estão condicionadas pela sensibilidade do empregador para a temática, pela capacidade da empresa realizar os investimentos necessários, bem como pela caracterização, por parte dos fabricantes de equipamentos, do ruído gerado(10).

3.4.1 Medidas organizacionais

As medidas administrativas ou organizacionais de controlo de ruído têm em vista a redução dos níveis de ruído ou dos tempos de exposição através de uma reformulação da organização da produção. As medidas mais comuns são: planificação da produção com vista à reformulação de postos de trabalho sujeitos a elevados níveis de ruído, adoção de uma política de recursos humanos em que, ao nível do recrutamento, o fator de competências acrescidas em matéria de segurança, higiene e saúde no trabalho, seja levado em consideração, rotação periódica de pessoal exposto, realização de trabalhos mais ruidosos em horas em que há um menor número de trabalhadores expostos, etc.(2).

3.4.2 Medidas construtivas

As medidas construtivas de engenharia são de dois tipos(2):

a) Atuação sobre a fonte produtora de ruído;
b) Atuação sobre as vias de propagação.

3.4.2.1 Atuando sobre a Fonte Produtora de Ruído

Um método eficaz de controlo do ruído consiste na atuação sobre a fonte produtora do ruído. Algumas das ações que podem ser feitas sobre as fontes emissoras de ruído são(2):

- ✓ Compra de equipamento menos ruidoso;
- ✓ Operações periódicas de manutenção das máquinas;
- ✓ Utilização de dispositivos de controlo de ruído;
- ✓ Controlo na fonte das forças vibratórias.

Uma fonte de ruído pode estar isolada parcialmente do meio exterior por uma envolvente "estanque ao ruído". Os princípios utilizados são o isolamento e a absorção que estão, em geral, associados em todas as soluções. Ilustra-se na Figura 252 um exemplo de um grupo gerador de 22 kVA, com canópia de isolamento acústico, onde os respetivos níveis de emissão sonora são relativamente baixos. As aberturas ou vias de propagação secundária necessárias à ventilação das instalações e equipamentos (extração de ar, ventilação), podem contribuir significativamente para a propagação do ruído para o exterior(2).

		50 Hz at 1500 RPM					
		15 m (50 ft)		7 m (23 ft)		1 m (3 ft)	
Generating Set Model	LWA	75% Load	100 % Load	75% Load	100% Load	75% Load	100% Load
P12.5P2	92	61.3	62.3	67.3	68.3	77.4	78.4
P13.5E2	92	61.3	62.7	67.3	68.7	77.4	79.1
P16.5P2	91	59.1	60.4	65.1	66.4	76.2	77.1
P18E2	91	59.1	61.9	65.1	67.9	76.2	77.3
P20P2	91	60.1	61.8	66.1	67.8	76.7	78.6
P22E2	91	60.1	62.3	66.1	68.3	76.7	78.9

Figura 252 – Grupo gerador com canópia e respetivo ruído emitido

(Fonte: José Estevez, 2004)

Por vezes, existe a possibilidade de uma atividade industrial muito ruidosa ser substituída por outra menos ruidosa. Podem-se indicar alguns exemplos(2):

- ✓ Substituição de máquinas lentas e de grande dimensão por máquinas mais pequenas e rápidas;
- ✓ Substituição de rebitagem pneumática por soldadura;
- ✓ Substituição de engrenagens metálicas por engrenagens plásticas;
- ✓ Diminuição da velocidade de rotação de ventiladores e máquinas;
- ✓ Utilização de materiais amortecedores de choques e de vibrações;
- ✓ Utilização de silenciadores na saída de jatos de ar ou gases;
- ✓ Substituição e ajustamento de partes de equipamento soltas e desequilibradas;
- ✓ Redução da velocidade de corte e utilização de discos de corte mais silenciosos.

3.4.2.2 Atuando sobre as Vias de Propagação

Quando o controlo do ruído na fonte não é possível, devem ser estudadas medidas, que visem controlar o ruído na sua trajetória de propagação. Isso pode ser feito, atuando sobre as vias de propagação, através de isolamento anti-vibrátil, enclausuramento, painéis antirruído, tratamento acústico das superfícies e cabines, como se detalha de seguida(2).

Isolamento anti-vibrátil:

- ✓ A fim de diminuir a transmissão das vibrações produzidas por uma máquina aos elementos sólidos adjacentes à fonte de ruído, podem ser utilizados suportes adequados (em borracha, cortiça, resinas sintéticas).
- ✓ Estes suportes, que se designam por anti-vibráteis, vão permitir igualmente a redução dos níveis de ruído em locais mais ou menos afastados.

Enclausuramento:

- ✓ O enclausuramento da fonte de ruído, quando possível, pode constituir uma medida muito eficaz, se projetada e executada adequadamente.
- ✓ Um enclausuramento deve conferir, simultaneamente, um bom isolamento (através de um material denso e compacto) e uma boa absorção sonora (geralmente através de um material poroso e pouco denso).

Painéis antirruído:

- ✓ Estes painéis não são tão eficientes como o enclausuramento, porém auxiliam o controlo da propagação do ruído numa determinada direção.
- ✓ Devem ser construídos com material isolante, revestido com material absorvente do lado em que localiza a fonte de ruído.
- ✓ Geralmente, complementa-se o painel com um teto absorvente.

Tratamento acústico das superfícies:

- ✓ O tratamento acústico no interior de um ambiente de trabalho, visa evitar, ou pelo menos diminuir, a reverberação no mesmo.
- ✓ As superfícies lisas e duras, que refletem o som, devem ser evitadas.

- ✓ Tais superfícies, podem ser revestidas com placas de materiais absorventes.
- ✓ Para um trabalhador muito próximo da fonte de ruído, o tratamento acústico não tem grande significado, pois, na melhor das hipóteses, a situação seria equivalente à de uma fonte sonora em campo livre.

Cabinas:

- ✓ Em vez de enclausurar a fonte de ruído, podem proteger-se as pessoas expostas.
- ✓ Tal é necessário, sobretudo quando existem muitas fontes produtoras de ruído cuja proteção seja impossível ou muito onerosa.
- ✓ A construção destas cabinas baseia-se nos princípios já anteriormente anunciados, devendo-se evitar que paredes opostas tenham grandes superfícies vidradas, pois podem produzir-se ondas sonoras estacionárias.

Estrutura de ressonância de *Helmholtz* aplicada a ruído de baixa frequência:

Os resultados de uma investigação(185) sobre mecanismos de hiato em sistemas periódicos com estruturas localmente ressonantes, indicaram que as lacunas da banda de frequências de ressonâncias locais originadas por ressoadores individuais de *Helmholtz*[83] são sensíveis aos parâmetros geométricos, tais como a largura de entrada e comprimento.

Foi investigada numericamente a existência de lacunas na banda de baixas frequências na estrutura de ressonância de *Helmholtz*, por recurso ao método dos elementos finitos para calcular a estrutura de banda e espectro de transmissão. Três lacunas da banda e duas lacunas parciais vizinhas formam encontrados na banda entre 0 e 4000 Hz(185).

Foram analisados os parâmetros geométricos que poderiam afetar a largura da lacuna da banda ou posições, tais como a largura e o comprimento da entrada. Os resultados indicaram que o primeiro intervalo de banda mais ampla torna-se mais elevado com o aumento da largura de entrada dos ressoadores, no entanto, a tendência de variação da primeira lacuna da banda é completamente oposta quando o comprimento da entrada se torna maior. O espectro de transmissão calculado valida também a estrutura da banda. Esta estrutura projetada e calculada tem assim aplicação potencial na redução de ruído de baixa frequência, podendo também ser utilizada para reduzir o ruído em algumas frequências especiais, ajustando os parâmetros da estrutura(185).

3.4.3 Medidas de proteção individual

Quando as medidas de proteção coletiva estão esgotadas, então, como último recurso, temos as medidas de proteção individual que correspondem a uma atuação sobre o recetor ou seja sobre o trabalhador. Trata-se de escolher o protetor mais adequado para o tipo de ruído presente. A sua escolha deve obedecer a critérios analíticos(2).

Numa primeira análise simplificada podem ser escolhidos com base na atenuação total. No entanto, para uma escolha mais criteriosa, deverá ser necessário conhecer a componente espectral do ruído, pois existem protetores auditivos mais eficientes para determinadas gamas de frequências, como pode ser observado na tabela de atenuações indicada no Quadro 110(2).

[83] *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz*, 1821-1894, foi um médico e físico alemão, tendo dedicado a sua vida à ciência.

Deverá ainda ser feita uma vigilância médica eficaz, através de exames médicos específicos ao trabalhador, incluindo exame clínico do aparelho auditivo e estudo do histórico de qualquer problema no aparelho auditivo. Os exames audiométricos devem ser feitos antes da admissão de qualquer trabalhador que venha a trabalhar em locais muito ruidosos. Estando qualquer pessoa exposta ao ruído potencialmente em risco, quanto mais elevado for o nível do ruído e a exposição, maior é o risco de sofrer danos causados pelo ruído(2).

Quadro 110 - Tabela de atenuações para vários protetores auriculares

Hearing Protector Model	Headband Position	U.S. Noise Reduction Rating (NRR)	Average Real Ear Attenuation in Laboratory (tested according to ANSI S3.19-1974)									CSA Class* (Canada)
Low Profile Ear Muffs 1425	over head	22 dB	FREQUENCY (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	B
			MEAN (dB)	14.0	17.5	25.0	35.8	34.3	33.4	34.2	33.7	33.2	
			STANDARD DEVIATION (dB)	2.9	2.4	2.2	3.5	3.3	1.6	2.3	2.3	2.0	
Three Position Ear Muffs 1427	over head	27 dB	FREQUENCY (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	A
			MEAN (dB)	19.5	22.9	31.7	40.8	36.1	41.5	41.1	40.4	38.4	
			STANDARD DEVIATION (dB)	2.9	2.1	2.2	3.2	3.1	2.7	2.4	2.3	2.9	
	behind head	27 dB	FREQUENCY (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	AL
			MEAN (dB)	20.4	22.8	30.4	39.5	36.1	41.6	42.1	41.1	39.5	
			STANDARD DEVIATION (dB)	4.2	2.0	1.8	2.8	2.0	3.6	2.8	2.3	2.5	
	under chin	26 dB	FREQUENCY (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	A
			MEAN (dB)	18.5	22.8	31.0	40.1	35.7	40.3	41.3	39.8	37.9	
			STANDARD DEVIATION (dB)	3.4	2.7	2.2	2.2	2.4	3.9	3.0	2.5	2.6	

*CSA Z94.2-1994

Note: Research suggests that the NRR may significantly overestimate the protection provided by hearing protectors in real-world, workplace conditions. 3M recommends reducing the NRR by 50% before estimating workplace protection. 3M hearing protectors are most effective when they are worn properly and worn for the entire time that you are exposed to loud noise.

(Fonte: *3M Occupational Health and Envrionmental Safety Division*, 2004)

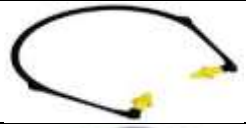
A proteção individual auditiva deve ser usada como medida de recurso, ou seja, apenas nos casos em que as medidas construtivas ou organizacionais não sejam viáveis. No entanto, o recurso ao equipamento de proteção individual tem servido cada vez mais para minimizar os efeitos nefastos decorrentes da exposição ao ruído. O baixo custo e a facilidade de implementação desta medida constituira-na como a opção mais escolhida(186).

3.4.3.1 Classificação dos protetores auditivos

Os protetores auditivos são equipamentos de proteção individual, que reduzem a propagação do ruído desde a fonte sonora até ao ouvido médio, procurando evitar um dano na audição, podendo ser classificados segundo a forma de atenuação - passivos ou ativos - ou segundo o tipo - tampões ou abafadores/protetores auditivos, Quadro 111(10):

- ✓ Passivos – A atenuação é conferida apenas de forma mecânica – são equipamentos simples e de baixo custo;
- ✓ Ativos – Incorporam dispositivos eletrónicos que regulam a atenuação em função do espectro e/ou do nível de pressão sonora – são equipamentos mais avançados e de custo superior, mas que são de aplicação recomendada em situações em que a perceção e clareza do som é fundamental;
- ✓ Tampões Auditivos – Protetores auditivos que se introduzem na cavidade do pavilhão auricular ou no canal auditivo;
- ✓ Abafadores / Protetores Auriculares – Protetores auriculares em forma de calotes posicionados contra os pavilhões auriculares, estando conectados por uma banda que exerce pressão, ou ligados a um capacete.

Quadro 111 – Classificação dos protetores auditivos

Classificação	Principais Características	Figura
Passivos		
Tampões pré-moldados	Possuem a forma final de utilização. São usualmente fabricados em silicone e com o intuito de serem reutilizados.	
Tampões moldáveis	Constituídos por materiais poliméricos, são moldados pelo utilizador, expandindo-se no interior do canal auditivo, podendo ser descartados ou reutilizados.	
Tampões moldados individualmente	Obtidos a partir de um molde do canal auditivo do utilizador, são fabricados em materiais acrílicos ou silicone.	
Tampões ligados por banda	Tampões pré-moldados ou moldáveis ligados por uma banda rígida ou flexível.	
Abafadores / Protetores auriculares passivos	Constituídos por calotes usualmente unidas por bandas de cabeça, de queixo ou bandas universais.	
Ativos		
Protetores auriculares de Redução Ativa do Ruído (RAR)	Incorporam um sistema eletrónico que permite alcançar uma atenuação adicional nas baixas frequências.	
Protetores auriculares de comunicação	Possuem um sistema por cabo ou sem fios que permite receber mensagens, alarmes ou mesmo programas de entretenimento (incluindo rádio recetor).	

(Fonte: António Mendes, 2011)

O protetores auditivos têm de satisfazer as exigências estabelecidas pelas normas NP *EN* 352-1:1996 (protetores auriculares) e NP *EN* 352-6:1996 (tampões auditivos). Os protetores auriculares montados num capacete de segurança industrial deverão seguir a NP *EN* 352-3:1998 (protetores auriculares montados num capacete de proteção para a indústria).

Ilustram-se seguidamente exemplos de características técnicas de diferentes protetores auditivos[84], Quadro 112, Quadro 113, Quadro 114, Quadro 115 e Quadro 116(174):

[84] NP *EN* 352-2:1998. Protetores auditivos. Requisitos de segurança e ensaios. Parte 3 – Protetor auricular montado num capacete de proteção para a indústria.

Quadro 112 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *3M* – Modelo *E-A-R Earsoft*

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								

(Fonte: Anabela Barbosa, 2009)

Quadro 113 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *3M* - Modelo *E-A-R Ultrafit*

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								

(Fonte: Anabela Barbosa, 2009)

Quadro 114 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *MODEP* – Modelo *Run-Run II*

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								

(Fonte: Anabela Barbosa, 2009)

Quadro 115 – Protetor auricular, tipo tampão, Marca *3M* – Modelo 1271

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								

(Fonte: Anabela Barbosa, 2009)

Quadro 116 – Protetor auricular, tipo abafador, Marca *3M* – Modelo 1435

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								

(Fonte: Anabela Barbosa, 2009)

No Quadro 117 identificam-se as principais vantagens e desvantagens dos tampões versus abafadores(157).

Quadro 117 – Principais vantagens e desvantagens dos tampões versus abafadores

Tampões	Abafadores
Vantagens	
• Pequenos e fáceis de transportar; • Convenientes para usar em simultâneo com outros equipamentos de proteção individual; • Mais confortáveis para os usos prolongados em ambientes quentes e húmidos; • Convenientes para uso em zonas confinadas; • Melhores *performances* nas baixas e médias frequências.	• Menor variação da atenuação conferida de utilizador para utilizador; • Possibilidade de utilização com problemas menores do foro da otorrinolaringologia; • Um tamanho serve à maioria dos utilizadores; • Melhores *performances* nas altas frequências.
Desvantagens	
• Requerem mais tempo para a colocação e remoção; • Colocação correta mais difícil; • Possibilidade de irritação do canal auditivo; • Requerem boas práticas de higiene, para que não sejam introduzidas no canal auditivo poeiras ou sujidade.	• Mais pesados e mais incómodos de transportar; • Apresentam incompatibilidade com outros equipamentos de proteção individual; • Mais desconfortáveis em ambientes quentes e húmidos; • Impossibilidade de utilização em zonas confinadas; • Dificuldade de utilização com óculos de leitura.

(Fonte: António Beça, 2013)

3.4.3.2 Procedimento para a seleção dos protetores auditivos

A escolha criteriosa dos protetores auditivos requer um procedimento técnico específico(157):

1. Determinação do espectro de ruído no posto de trabalho em análise;
2. Seleção do protetor cuja atenuação conduz o ruído, que passa através dele, a níveis considerados não perigosos;
3. Escolha de um protetor que não atenue em demasia o ruído, sob pena de não se ouvir nada, com as consequências que daí podem advir ao nível da presença de outros fatores de risco.

3.4.3.3 Critérios para a seleção e utilização de protetores auditivos

Sob o ponto de vista de segurança, embora sendo a atenuação o principal fator a considerar, não é, no entanto, um fator único que deve ser tido em atenção para a seleção e utilização de protetores de ouvido(157).

Dever-se-ão, também, considerar outros fatores, nomeadamente(157):

- ✓ Ações térmicas: projeções de gotas de metais de fusão, exemplo, em trabalhos de soldadura;
- ✓ Desconforto e incómodo durante o trabalho: devido essencialmente à conceção ergonómica do aparelho (massa demasiado elevada, pressão de aplicação demasiada, aumento da transpiração). Ter em atenção que existe três tipos de dimensões (largo, médio e pequeno);
- ✓ Limitação da capacidade de comunicação acústica: nomeadamente, a deterioração da inteligibilidade da palavra, de reconhecimento dos sinais, dos ruídos informativos ligados ao trabalho e da localização direcional. Estes riscos podem ser originados por variação da atenuação com frequência, ou por diminuição das qualidades acústicas, devendo a escolha ser efetuada após experiência auditiva;
- ✓ Acidentes e perigos para a saúde: exemplo, compatibilidade deficiente, falta de higiene, materiais inadequados, etc;
- ✓ Insuficiente eficácia de proteção: provocada por escolha ou utilização incorreta do protetor. Devem ser respeitadas as indicações do fabricante (quanto a classes de proteção e utilização específica que se destina), e as condições de conservação, controlo ou substituição em tempo oportuno.

A seleção, utilização e manutenção de protetores auditivos deve ter em consideração o disposto na *EN 458:2004*[85] e no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro.

Os aparelhos protetores de ouvido devem satisfazer as exigências estabelecidas pelas *EN 352-1:2002*[86] a *EN 352-7:2002*[87], nomeadamente quanto a valores mínimos de atenuação e respetivos desvios padrão.

3.4.3.4 Identificação dos protetores auditivos

Devem, também, conter informação preconizada para permitir a escolha adequada, tendo em vista minimizar os fatores de risco referidos, assim como uma marcação obrigatória onde conste(157):

- ✓ Para os protetores auriculares (marcação no aparelho):
  - ➢ Identificação do fabricante;
  - ➢ Modelo;
  - ➢ No caso de necessidade de orientação particular, o fabricante deve indicá-la, exemplo, *Left* (esquerdo) ou *Right* (direito);

[85] *EN* 458:2004 - *Hearing protectors: selection, use, care and maintenance*.
[86] *EN* 352-1:2002 - *Hearing Protectors: Ear muffs*.
[87] *EN* 352-7:2002 - *Hearing Protectors: Level dependent ear-plugs*.

- Referência *à EN 352-1:2002*;

✓ Para os protetores do tipo tampões (marcação na embalagem):

- Identificação do fabricante;
- Referência à *EN 352-2:2002*;
- Modelo;
- Instruções para a colocação e uso adequado.

3.4.3.5 Metodologia para o cálculo da atenuação fornecida por protetores auditivos

O Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, apresenta o método de cálculo da atenuação dos protetores auditivos, tendo por base a análise espectral das fontes sonoras a que os trabalhadores estão expostos ao longo do seu dia de trabalho(157).

Este método é bastante rigoroso, não sendo, contudo, o único existente. Uma vez que existem vários métodos, deve ser dada preferência ao método por Bandas de Oitava(157).

No entanto, atendendo ao disposto no ponto 3, do anexo V do Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro, nas situações em que o espectro do ruído não contenha componentes significativas de baixa frequência, podem ser utilizados os métodos de seleção dos protetores auditivos definidos na normalização aplicável, nomeadamente os métodos *HML* e *SNR*(157).

Existem diferentes metodologias para o cálculo da atenuação fornecida pelos protetores auditivos, incluindo(10):

✓ Método de Banda de Oitava;

✓ Método *HML*;

✓ Método *SNR*.

Método de Banda de Oitava:

Este é o método tido como mais detalhado, fiável e preciso para a determinação da atenuação, sendo aquele recomendado pela legislação nacional - Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro.

Neste método é feito o cálculo das atenuações médias M_f e dos desvios padrões associados S_f, para cada banda de frequência de oitava normalizada(10).

Consiste em medir o nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado "A", em cada banda de oitava, $L_{Aeq,f,Tk}$, em dB(A), do ruído a que cada trabalhador está exposto, para cada posto de trabalho que ocupa, definindo assim o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_k horas por dia(10).

Para cada banda de oitava, [L_{63}, L_{125}, … L_{8000}] Hz, calcular o nível global de acordo com a Equação [45](10).

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2.S_f \quad [45]$$

Onde,

L_n – nível global dB(A)

M_f – Atenuações médias do protetor auditivo indicadas pelo fabricante em dB

S_f – Desvios padrão das atenuações do protetor, indicadas pelo fabricante em dB

Com os níveis globais, calcular $L_{Aeq,Tk,efect}$, o nível sonoro contínuo equivalente efetivo (aquele a que o trabalhador está efetivamente exposto quando está equipado com proteção auditiva), de cada ruído k a que o trabalhador esteja exposto, Equação [46](10).

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10.log \sum_{n} 10^{0,1.L_n} \quad [46]$$

Para calcular a exposição diária efetiva, $L_{Ex,8h,efect}$ em dB(A), é necessário somar logaritmicamente o nível sonoro contínuo equivalente efetivo de cada ruído k, ponderando pelo tempo de exposição e pelo período de referência de 8 horas, Equação [47](10).

$$L_{Ex,8h,efect} = 10.log \left[\left(\frac{1}{8}\right) \sum_{k=1}^{k=n} T_k . 10^{0,1.L_{Aeq,Tk,efect}} \right] \quad [47]$$

Método *HML*:

Este método implica a determinação de três índices "*H" (High)*, "*M" (Medium)*, "*L" (Low)* (usualmente fornecidos pelo fabricante) para ruídos que apresentem espectros dominantes, nomeadamente nas altas, médias ou baixas frequências(10).

O nível sonoro contínuo equivalente efetivo (a que o trabalhador está efetivamente exposto quando está equipado com proteção auditiva) determina-se calculando o *PNR (Predicted Noise Reduction)* e subtraindo este valor ao nível de pressão sonora ponderado "A", Equação [48](10).

$$L_{Aeq,Tk,efect} = L_p(A) - PNR \quad [48]$$

Calcula-se o *PNR* na diferença entre os níveis de pressão sonora ponderados "A" e "C"(10):

- Se (L_pC – L_pA) ≤ 2 tem-se ruídos com espectro relevante nas médias/altas frequências, Equação [49]:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} . \left[L_pC - L_pA - 2dB \right] \quad [49]$$

- Se (L_pC – L_pA) > 2 tem-se ruídos com espectro relevante nas baixas frequências, Equação [50](10):

$$PNR = M - \frac{H - L}{8} . \left[L_pC - L_pA - 2dB \right] \quad [50]$$

O cálculo da exposição diária efetiva, $L_{Ex,8h,efect}$, em dB(A) obtém-se da Equação [47](10).

Método *SNR*:

Este método é o que apresenta uma aplicação mais rápida e simples, contudo será também o menos preciso. A aplicação deste método implica a medição do nível de pressão sonora ponderado "C" do ruído e do índice *SNR (Single Number Rating)* de determinado protetor (valor usualmente indicado pelo fabricante)(10).

O nível sonoro contínuo equivalente efetivo (aquele a que o trabalhador está efetivamente exposto quando está equipado com proteção auditiva) é calculado por meio da Equação [51](10).

$$L_{Aeq,Tk,efect} = L_p(C) - SNR \qquad [51]$$

O cálculo da exposição diária efetiva, $L_{Ex,8h,efect}$, em dB(A) obtém-se da Equação [47](10).

De acordo com a NP *EN* 458:2006[88], é conveniente que o valor de $L_{Aeq,Tk,efect}$, não seja inferior a -15 dB em relação ao nível superior de ação (85 dB), de modo a evitar-se sobreproteção do trabalhador(10).

Deste modo, e atendendo ao valor do nível ponderado "A" efetivo ao nível do ouvido, a norma estabelece e classifica a proteção dada por um protetor auditivo do seguinte modo, Quadro 118(10):

Quadro 118 – Classificação da proteção auditiva de acordo com a NP *EN* 458:2006

Nível $L_{Aeq,Tk,efect}$, em dB	Estimativa de Proteção
≥ 85 dB	Insuficiente
Entre 80 dB e 85 dB	Aceitável
Entre 75 dB e 80 dB	Satisfatória
Entre 70 dB e 75 dB	Aceitável
≤ 70 dB	Excessiva (sobreproteção)

(Fonte: António Beça, 2013)

3.4.3.6 Conforto e proteção individual auditiva

É de grande importância que os protetores individuais sejam confortáveis, já que este é um fator determinante para o seu uso. As principais características dos equipamentos de proteção individual auditiva e a sua relação com o conforto estão descritas seguidamente no Quadro 119(157).

[88] NP *EN* 458:2006 - Protetores auditivos. Recomendações relativas à seleção, à utilização, aos cuidados na utilização e à manutenção. Documento guia.

Quadro 119 – Características dos equipamentos de proteção individual e a sua relação com o conforto

Características	Descrição
Atenuação	• Legislação para o cálculo da determinação da atenuação que deve ser conferida por um protetor individual auditivo; • Não se deve cair no erro de selecionar dispositivos que confiram proteção excessiva;
Peso	• Potenciador de desconforto; • Normalmente existe uma relação direta entre a atenuação conferida e o peso do abafador, aumentando um na razão direta do outro.
Pressão	• Pressão exercida pela banda e espuma de vedação dos abafadores; • A pressão exercida no ouvido externo pelos tampões de inserção semi-aural; • A pressão exercida no interior do canal auditivo pelos tampões. • A norma portuguesa *EN 352-1:2002*, define a pressão máxima que deve ser exercida por cada um destes elementos.
Textura	• Os materiais e consistência dos componentes têm que ser levados em conta na sua conceção; • As partes do dispositivo em contato com a pele devem ser macias e flexíveis, não causar irritações ou alergias.
Capacidade de dispersar o calor gerado	• Limita as trocas de calor da área coberta com o ambiente, conduzindo a um aumento de temperatura localizado. • Causa desconforto, em ambientes térmicos quentes, e pode ser benéfico em temperaturas baixas.
Capacidade de absorver a transpiração	• Em ambientes térmicos quentes é normal que ocorra sudação na zona de contato do protetor auditivo com a pele; • Pode ocorrer irritação na área de contato.
Dificuldade em realizar tarefas	• Dificuldade de realizar normalmente as tarefas associadas ao posto de trabalho.
Dificuldade de colocação	• Protetores que requerem procedimentos mais complexos de colocação tendem a ser mal/menos vezes colocados; • A dificuldade de colocação pode surgir como consequência da utilização simultânea de diversos equipamentos individuais.
Diminuição da inteligibilidade	• A capacidade de entender distintamente os sons em geral e a fala em particular, é uma das principais causas para não se usar proteção individual auditiva.
Aspeto estético	• É apontado como causa para a não utilização dos protetores auditivos(186).

(Fonte: António Beça, 2013)

3.4.4 Programas de conservação da audição

Os programas de conservação da audição (PCA) abarcam um conjunto de ferramentas que visam a prevenção da surdez por exposição ao ruído ocupacional(10).

A efetiva implementação de um PCA contribui igualmente para um acréscimo da moral e sensação de bem-estar dos trabalhadores, incrementando os níveis e qualidade da produção individual e coletiva de uma equipa de trabalho(10).

Os PCA podem ser desenvolvidos tendo em consideração cinco aspetos fundamentais, que incluem(10):

i. Avaliação e monitorização do ruído ocupacional;
ii. Acompanhamento regular dos riscos e medidas de controlo do ruído;
iii. Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores;
iv. Formação, consciencialização, informação e participação dos trabalhadores;
v. Organização e arquivo dos registos.

3.4.4.1 Avaliação e monitorização do ruído ocupacional

A definição de um programa de avaliação e monitorização do ruído ocupacional é o ponto de partida para o desenvolvimento de um PCA. Deve possibilitar a correta identificação dos trabalhadores com probabilidade de estarem expostos a ruído excessivo, bem como ser atualizado quando as condições de trabalho se alterem de forma significativa (por alterações na produção, processo ou equipamentos)(10).

A caracterização da exposição de cada trabalhador deve ser rigorosa e incluir os distintos níveis sonoros, contínuos, intermitentes e impulsivos, os tempos de exposição e por fim o cálculo da exposição pessoal diária. Para tal é fundamental caracterizar de forma rigorosa as fontes de ruído nos locais de trabalho. Os trabalhadores devem ser notificados sobre os resultados das medições, sendo de realçar as situações em que estes se encontrem acima do nível de ação inferior(10).

3.4.4.2 Acompanhamento regular dos riscos e medidas de controlo do ruído

No caso de se verificarem níveis de exposição pessoal diária superiores aos valores legalmente estabelecidos, é importante que sejam tomadas medidas de controlo e minimização deste risco. A prioridade deve ser dada às medidas de proteção coletiva (organizacionais e/ou de engenharia)(10).

No caso de tal ser considerado inviável (desde um ponto de vista técnico/económico), esses locais de trabalho devem ser sinalizados como zonas de utilização obrigatória de proteção auditiva e os EPI devem ser fornecidos de forma gratuita ao trabalhador, estando a responsabilidade de supervisão da efetiva utilização, a cabo da entidade empregadora(10).

Para alcançar uma proteção eficaz, é indispensável que os protetores a utilizar sejam considerados em função dos níveis de exposição dos trabalhadores e da sua capacidade de atenuação. É importante que no momento da decisão final, seja dada uma oportunidade de escolha ao trabalhador, reduzindo o potencial efeito de rejeição e de não identificação com o protetor a utilizar(10).

Os protetores devem ser de utilização individual e exclusiva, estar corretamente identificados e ser substituídos periodicamente. Os empregadores devem verificar regularmente se as medidas adotadas para prevenir ou controlar o ruído ainda são eficazes. Em função da sua exposição ao ruído, os trabalhadores têm direito a uma vigilância médica adequada(183).

Neste caso, devem ser mantidos registos sanitários individuais e fornecidas informações aos trabalhadores. Os conhecimentos adquiridos através desta vigilância devem ser utilizados para reavaliar os riscos e as medidas de controlo(183).

3.4.4.3 Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores

Identificados os trabalhadores que potencialmente estão expostos a níveis sonoros elevados, é de especial relevância a avaliação e o acompanhamento regular da sua função auditiva, uma vez que as perdas auditivas não se farão notar de imediato na perceção auditiva do indivíduo (apenas de uma forma gradual), sendo contudo evidenciadas nas audiometrias(10).

Os resultados destas permitem desencadear novas ações de controlo do risco, contribuindo ainda para a sensibilização e motivação dos trabalhadores para atuarem e se protegerem face àquele, uma vez que se tornam conscientes de que, apesar de no dia-a-dia não sentirem diferenças ao nível da audição, na realidade a sua capacidade vai sendo progressivamente diminuída(10).

3.4.4.4 Formação, consciencialização, informação e participação dos trabalhadores

No sentido de consciencializar os trabalhadores para o risco a que potencialmente estão sujeitos, é importante que um programa de formação seja estabelecido e periodicamente atualizado, capaz de acompanhar eventuais alterações nas fontes ruidosas ou nos equipamentos de proteção(10).

O conteúdo dessa formação deve estar conforme ao que é preconizado na legislação portuguesa, permitindo ao trabalhador identificar o risco e proteger-se, devendo incluir temáticas como os efeitos do ruído sobre a audição, os propósitos da proteção auditiva, as vantagens/desvantagens, as instruções de uso e conservação dos protetores, enfatizando a importância de utilização da proteção inclusive em curtos períodos de exposição. De referir que os resultados obtidos nas audiometrias incluem a perda auditiva real e total dos trabalhadores (e não apenas a que é induzida pela exposição ao ruído ocupacional)(10).

A inclusão de correções nos audiogramas em virtude das perdas por presbiacusia, pode desvirtuar o resultado da mesma, uma vez que se tende a generalizar todos os indivíduos como pertencentes ao percentil 50º (*ISO 1999:1990*)[89]. Deste modo, não se fomentam práticas preventivas nem se protege o trabalhador, uma vez que o valor da perda calculada será inferior ao real, mascarando assim os resultados(10).

A consulta dos trabalhadores constitui um requisito legal que contribui para garantir o empenho dos trabalhadores nos procedimentos de segurança e de saúde, bem como nas respetivas melhorias. Os seus conhecimentos contribuem para garantir a adequada deteção dos riscos e a adoção de soluções viáveis(183).

[89] *ISO 1999:1990. Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. Second Edition. Genève*.

Os representantes dos trabalhadores desempenham um papel importante neste processo. Os trabalhadores devem ser consultados sobre as medidas de segurança e saúde, antes da introdução de novas tecnologias ou produtos(183).

Sinalizar, com a sinalética adequada de perigo de exposição ao ruído, tanto estática como dinâmica, os locais de trabalho de acordo com o risco causado pelo ruído(2).

3.4.4.5 Organização e arquivo dos registos

A organização dos registos, nomeadamente daqueles relativos à avaliação do ruído, dos exames audiométricos, do controlo do ruído (especificamente da proteção auditiva disponibilizada) e da formação dada aos trabalhadores, permitirá rastrear futuras situações de doenças profissionais, bem como assegurar a devida avaliação e promoção de medidas de controlo do risco ao longo dos anos(10).

3.5 Aquisição, Registo de Sinais Sonoros e Análise do Ruído

3.5.1 Sistema de aquisição e registo de sinais sonoros

A Figura 253 representa o diagrama de blocos do sistema de aquisição e registo de sinais sonoros, que permite a recolha dos sinais sonoros captados por cada um dos 30 microfones, Figura 257, possíveis de instalar e seu encaminhamento por multiplexagem, Figura 268, filtrado ou não, Figura 258, até aos 2 canais analógicos do "*Data Logger"*, Figura 254, que, por sua vez, os enviará em formato digital ao programa "*EasyLogger"*, Figura 255, de análise e registo, através de uma ligação *USB*.

O sentido contrário da informação, através do canal analógico de saída do "*Data Logger"*, utiliza-se para selecionar o modo de filtragem dos sinais oriundos dos microfones, bem como para parametrizar os temporizadores, Figura 267, permitindo o controlo dos contadores, Figura 264, responsáveis pela cadência de multiplexagem em concordância com a frequência de amostragem escolhida programa "*EasyLogger"*.

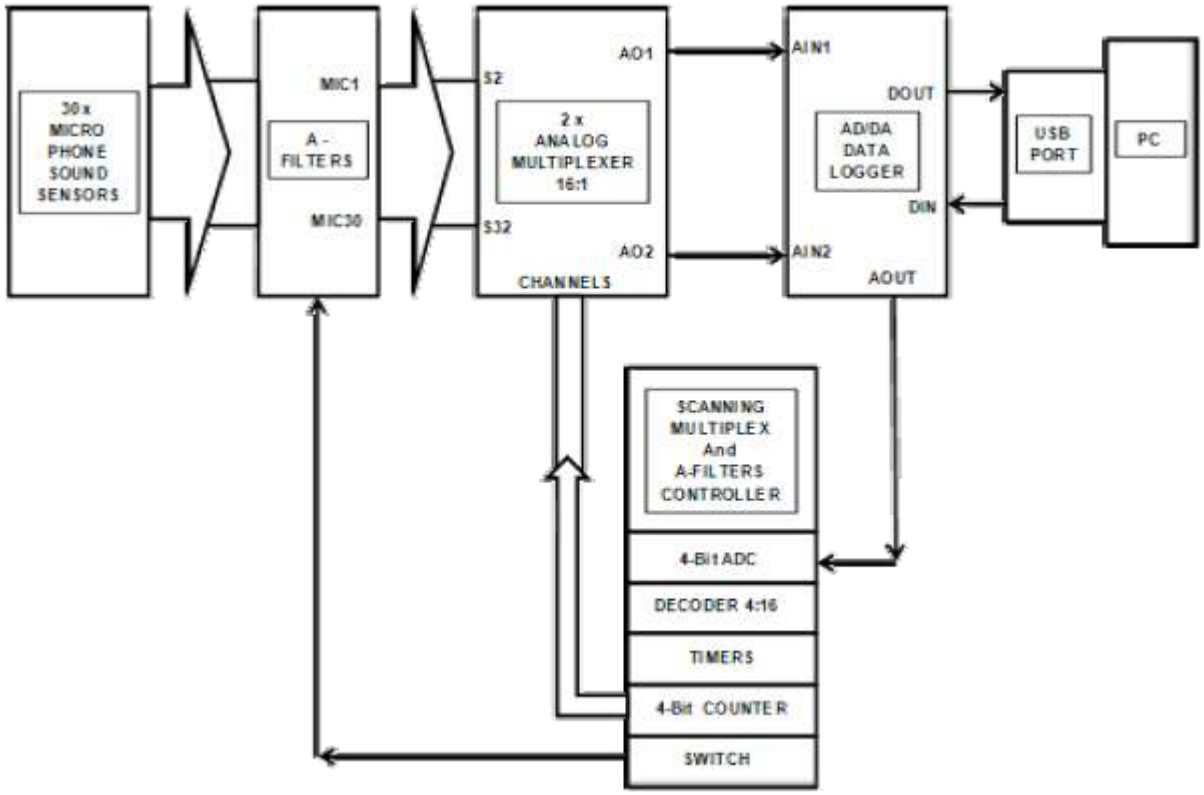


Figura 253 – Diagrama de blocos do sistema de aquisição e registo de sinais sonoros

(Fonte: Autor)

O Quadro 120 identifica e detalha o procedimento de parametrização do sistema de aquisição de sinais sonoros, permitindo que, a partir de um sinal analógico contínuo entre -3,5 V e -0,5 V ou entre +0,5 V e +3,5 V emitido pelo "*Data Logger"* se obtenha, por conversão analógico-digital, Figura 261, um sinal digital de 4 bits para endereçamento que aplicado a um descodificador 4:16, Figura 262, através das suas saídas "Y0" a "Y6" e "Y9" a "Y15", a seleção de filtragem com ponderação "A", Figura 260, e a parametrização de 7 diferentes temporizações (entre 20 ms e 1h), responsáveis pela velocidade dos contadores de 4 bits e pela consequente cadência de multiplexagem dos 30 sinais sonoros.

Quadro 120 – Sistema de aquisição de sinais sonoros - endereçamento e funções

USB Data Logger	Scaning Multiplex and A-Filters Controller						Spectrum Analyser *VSLM*			SIG *IDRISI*
Aout	**A3**	**A2**	**A1**	**A0**	**Decoder**	**Timers**	**LpPlot**	**Leq**	**Sgram**	**A-Filters**
-3,5 V	0	0	0	0	Y0	1 h				30
-3,0 V	0	0	0	1	Y1	15 m				30
-2,5 V	0	0	1	0	Y2	1 m				30
-2,0 V	0	0	1	1	Y3	10 s				30
-1,5 V	0	1	0	0	Y4	1 s				30
-1,0 V	0	1	0	1	Y5	100 ms				30
-0,5 V	0	1	1	0	Y6	20 ms				30
-0,0 V	0	1	1	1	Y7	X				X
+0,0 V	1	0	0	0	Y8	X	X	X	X	X
+0,5 V	1	0	0	1	Y9	20 ms	1	0	0	0
+1,0 V	1	0	1	0	Y10	100 ms	1	1	1	0
+1,5 V	1	0	1	1	Y11	1 s	1	1	1	0
+2,0 V	1	1	0	0	Y12	10 s	1	1	1	0
+2,5 V	1	1	0	1	Y13	1 m	1	1	0	0
+3,0 V	1	1	1	0	Y14	15 m	0	1	0	0
+3,5 V	1	1	1	1	Y15	1 h	0	1	0	0

(Fonte: Autor)

A Figura 254 ilustra o "*EasySYNC Data Logger DS1M12"*, equipamento bidirecional para ligação digital a uma porta *USB* de um computador, disponibilizando, através de conetores *BNC*, 1 saída para sinal analógico controlado a partir da janela de comando do gerador de sinal "*DS1M12A"*, Figura 256, e 2 entradas de sinal analógico para visualização e análise no ambiente gráfico do "*EasyLogger Dual DS1M12"*, Figura 255.

Figura 254 – Equipamento *EasySYNC Data Logger DS1M12*

(Fonte: *EasySYNC*, 2015)

A Figura 255 ilustra o ambiente gráfico do "*EasyLogger Dual DS1M12"* que permite a visualização, análise e registo de 2 sinais analógicos oriundos do "*EasySYNC Data Logger DS1M12"*, representados como canais "ChA - Voltage" e "ChB – Voltage", bem como a parametrização da frequência de amostragem "Sample Interval".

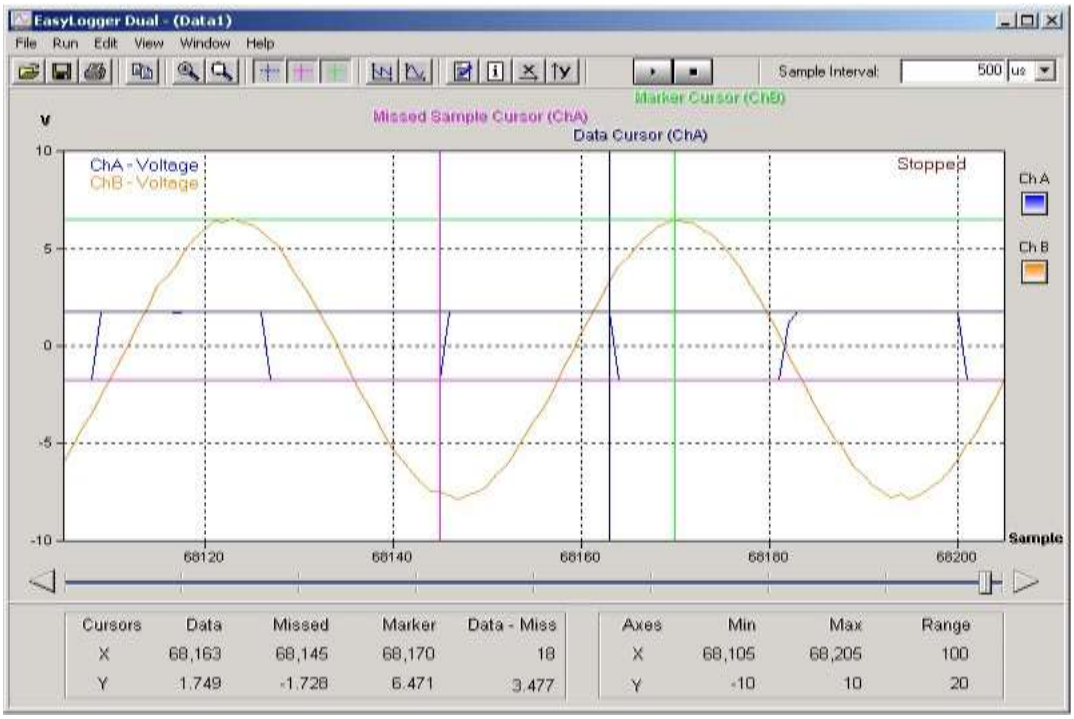


Figura 255 – Ambiente gráfico do *EasyLogger Dual DS1M12*

(Fonte: *EasySYNC*, 2015)

A Figura 256 ilustra a janela de comando do gerador de sinal *"DS1M12A"* que permite a escolha do tipo de sinal analógico a disponibilizar à saída do conetor *BNC* do "*EasySYNC Data Logger DS1M12"*, bem como o seu valor de pico-a-pico "Peak-Peak", o seu deslocamento (avanço ou atraso) "Offset" e a sua frequência "Frequency".

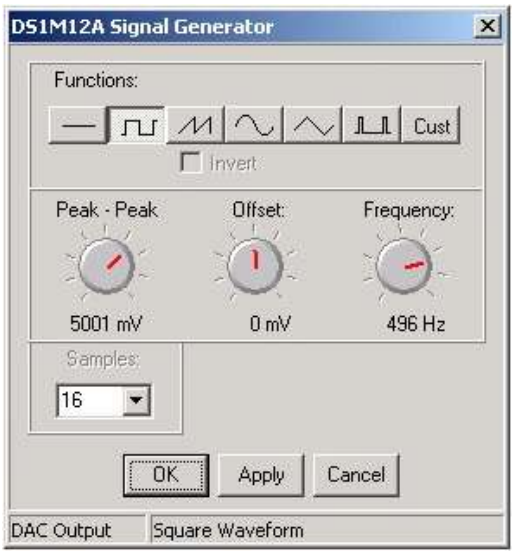


Figura 256 – Janela de comando do gerador de sinal *DS1M12A*

(Fonte: *EasySYNC*, 2015)

A Figura 257 ilustra o sensor de som "*Twig Grove"* [90], já com microfone integrado num pequeno circuito eletrónico de acondicionamento de sinal, com as seguintes especificações que se enquadram muito bem no âmbito deste projeto:

- ✓ *Operating Voltage Range*: 4 - 12 V
- ✓ *Operating Current* (*Vcc* = 5V): 4 - 8 mA
- ✓ *Voltage Gain* (*VS* = 6 V, f = 1 kHz): 26 dB
- ✓ *Microphone Sensitivity* (1 khz): 52 – 48 dB
- ✓ *Microphone Impedance*: 2,2 kΩ
- ✓ *Microphone Frequency*: 16 – 20 khz
- ✓ *Microphone S/N Ratio*: 54 dB

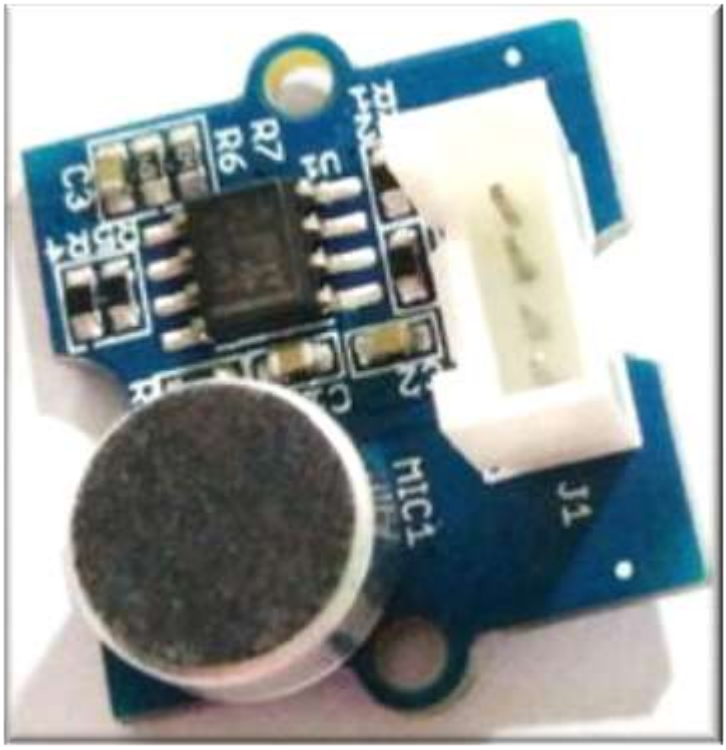


Figura 257 – Sensor *Twig Grove*

(Fonte: *Seeed Studio*, 2015)

A Figura 257 ilustra o esquema do circuito eletrónico desenvolvido pela *ESP* que permite efetuar a filtragem com ponderação "A" dos sinais sonoros captados pelo sensor de som, através da curva de resposta em frequência representada na Figura 260, por forma a adequar os níveis de sinal à sensibilidade do ouvido humano de acordo com as isofónicas representadas nas curvas de equalização "loudness" da Figura 259.

Este circuito pode ser operado por um par de baterias de 9 V, ou por uma fonte de alimentação regulada de +/-15V, não havendo necessidade de utilizar amplificadores operacionais especiais, exceto para medições de níveis extremamente baixos de ruído e, mesmo assim, não serão necessários se houver ganho no estágio de entrada, como tal é garantido à saída do sensor de som "*Twig Grove"*.

[90] *http://www.seeedstudio.com/wiki/Grove_-_Sound_Sensor*

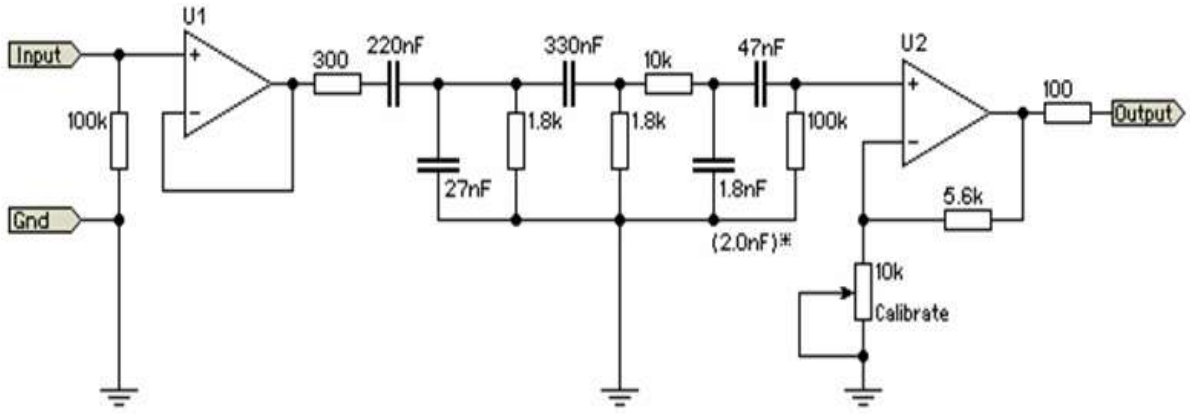


Figura 258 – Esquema de um filtro com ponderação "A"

(Fonte: *Elliott Sound Products*, 2007)

O gráfico da Figura 259 mostra as curvas de equalização "loudness" representando o efeito da resposta à sensibilidade do ouvido humano em cada curva isofónica, verificando-se, por exemplo, que um sinal emitido por uma fonte sonora à frequência de 1000 Hz é interpretado pelo ouvido humano sem qualquer atenuação ou amplificação.

Por outro lado, um sinal emitido com uma intensidade de, por exemplo, 40 dB à frequência de 100 Hz, para ser interpretado pelo ouvido humano com a mesma intensidade necessitaria de aproximadamente 62 dB, sofrendo portanto uma atenuação de 22 dB.

Analisando o efeito contrário, para a mesma emissão sinal de 40 dB à frequência de 3000 Hz, o ouvido humano mais sensível nesta gama de frequências amplificaria o sinal recebido interpretando-o assim como de uma intensidade de aproximadamente 44 dB.

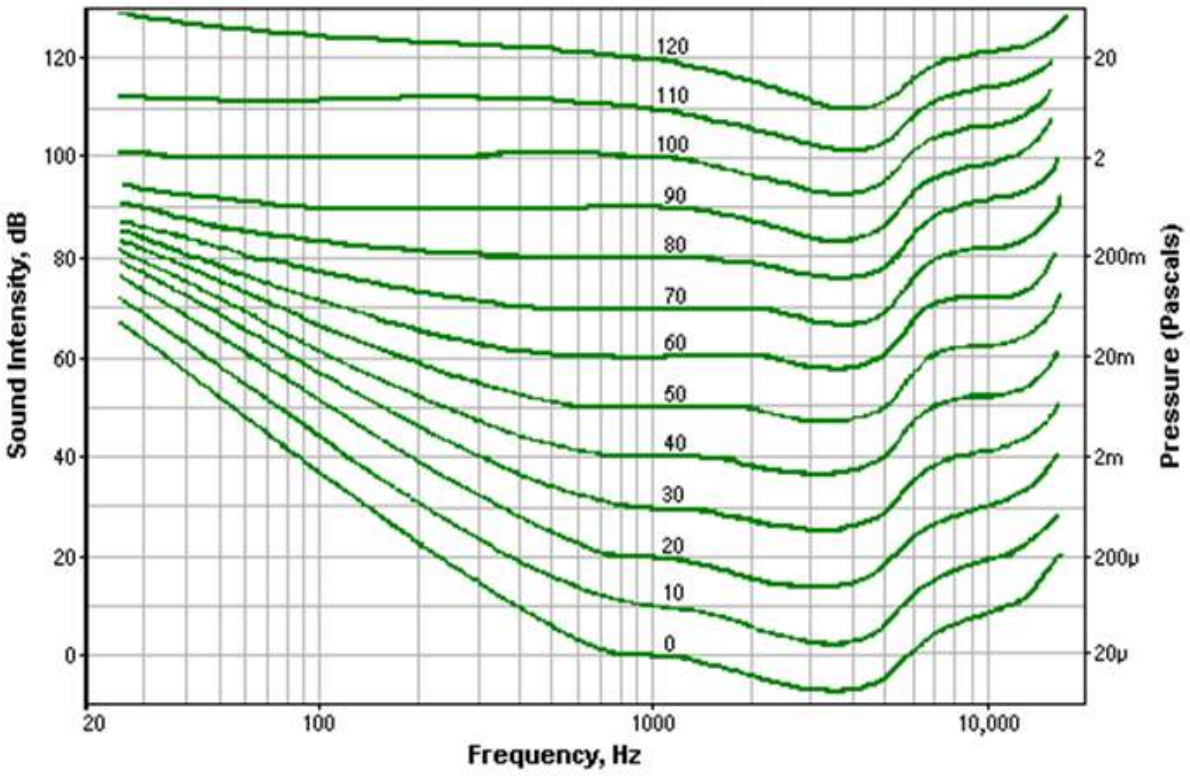


Figura 259 – Curvas de equalização *Loudness*

(Fonte: *Rod Elliott*, 2013)

O gráfico da Figura 260 ilustra a resposta em frequência de um filtro com ponderação “A” que permite efetuar a correção da intensidade dos sinais sonoros relacionados com a exposição dos trabalhadores ao ruído, tendo em consideração as curvas de equalização “loudness” e a legislação em vigor, adequando-os assim aos valores que são interpretados pelo ouvido humano, enquanto percetibilidade e potencial de afetação em termos de surdez.

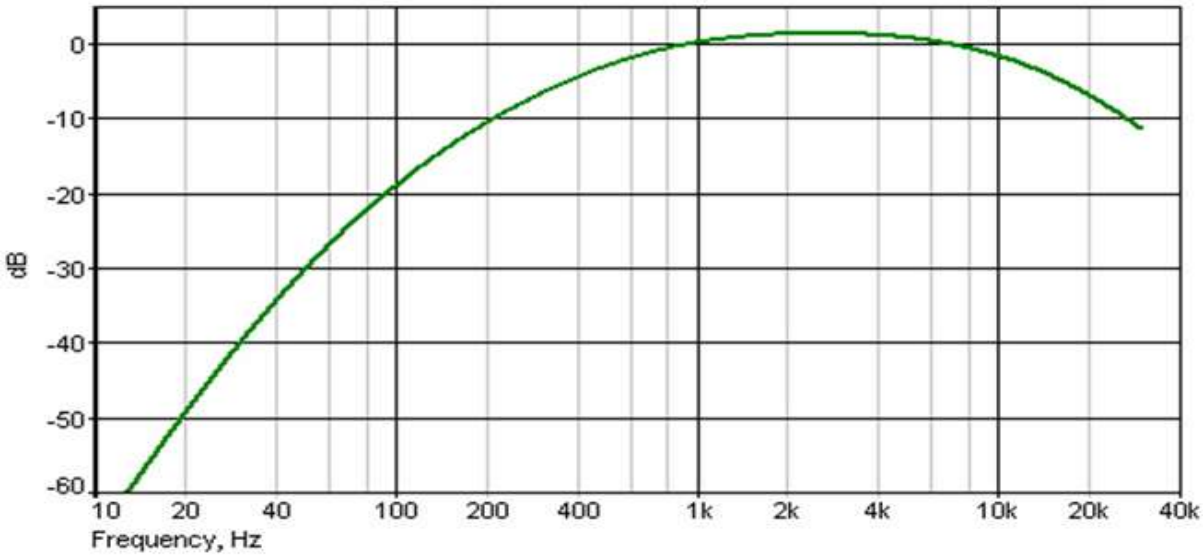


Figura 260 – Resposta em frequência de um filtro com ponderação “A”

(Fonte: *Rod Elliott*, 2013)

A Figura 261 representa o esquema(187) de um conversor analógico-digital de 4 bits com a capacidade de endereçar, com as suas saídas “D0”, “D1”, “D2” e “D3”, um descodificador 4:16, Figura 262, que, através das suas saídas “Y0” a “Y6” e “Y9” a “Y15”, permite a seleção de filtragem com ponderação “A”, Figura 260, e a parametrização de 7 diferentes temporizações (entre 20 ms e 1h), Figura 267, responsáveis pela velocidade dos contadores de 4 bits, Figura 264, e pela consequente cadência de multiplexagem, Figura 268, dos 30 sinais sonoros.

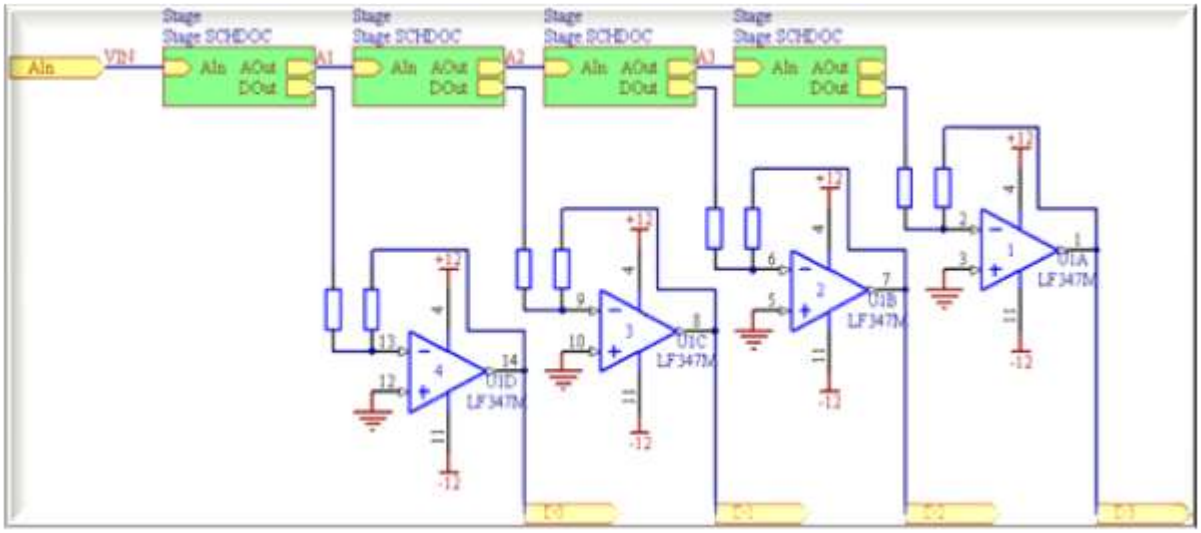


Figura 261 – Esquema de um conversor analógico-digital de 4 bits

(Fonte: *Brian Edwards*, 2007)

A Figura 262 representa o diagrama funcional do circuito integrado digital "*74HCT154"* descodificador 4:16, que, através das suas saídas "Y0" a "Y6" e "Y9" a "Y15", endereçadas nas suas entradas "A0", "A1", A2" e "A3" pelas saídas "D0", "D1", "D2" e "D3" do conversor analógico-digital de 4 bits, Figura 261, permite a seleção de filtragem com ponderação "A", Figura 260, e a parametrização de 7 diferentes temporizações (entre 20 ms e 1h), Figura 267, responsáveis pela velocidade dos contadores de 4 bits, Figura 264, e pela consequente cadência de multiplexagem, Figura 268, dos 30 sinais sonoros.

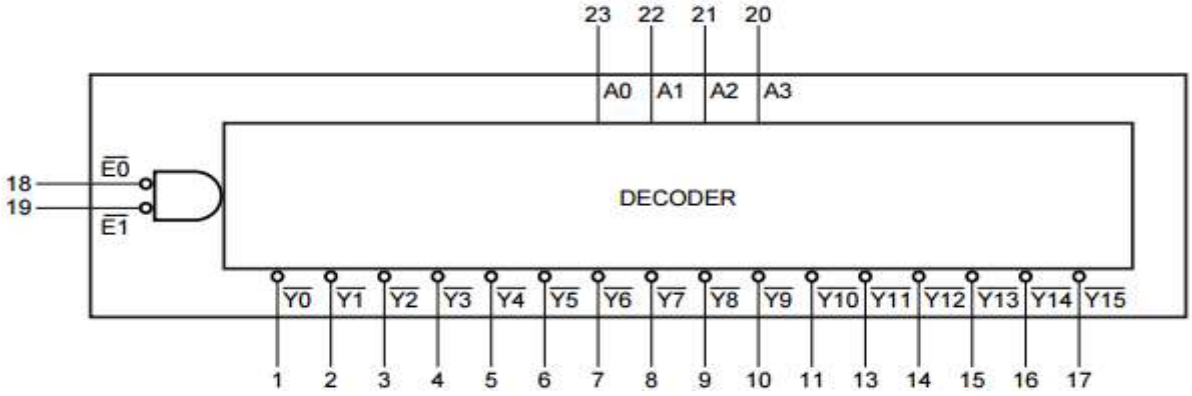


Figura 262 – Diagrama funcional do *74HCT154* - Descodificador 4:16

(Fonte: *Philips*, 2007)

A Figura 263 ilustra a tabela funcional do circuito integrado digital "*74HCT154"* descodificador 4:16, com o comportamento dos sinais nas saídas "Y0" a "Y15", em função das entradas de controlo "E0" e "E1" e das entradas endereçadoras "A0", "A1, "A2" e "A3".

Input						Output															
$\overline{E0}$	$\overline{E1}$	A0	A1	A2	A3	$\overline{Y0}$	$\overline{Y1}$	$\overline{Y2}$	$\overline{Y3}$	$\overline{Y4}$	$\overline{Y5}$	$\overline{Y6}$	$\overline{Y7}$	$\overline{Y8}$	$\overline{Y9}$	$\overline{Y10}$	$\overline{Y11}$	$\overline{Y12}$	$\overline{Y13}$	$\overline{Y14}$	$\overline{Y15}$
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		H	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		L	H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		H	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		L	L	H	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
		H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
		L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
		H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
		L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
		H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
		L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
		H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
		L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
		H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

[1] H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = don't care.

Figura 263 – Tabela funcional do *74HCT154* – Descodificador/Desmultiplexador 4:16

(Fonte: *Philips*, 2007)

A Figura 264 ilustra o diagrama funcional do circuito integrado digital "*74HCT4520"* contador binário síncrono duplo de 4 bits, em que um dos 2 grupos de 4 saídas "Q0", "Q1", "Q2" e "Q3" endereça diretamente as entradas "A0", "A1", "A2" e "A3" do circuito integrado "*ADG526A"* multiplexador analógico 16:1, Figura 268.

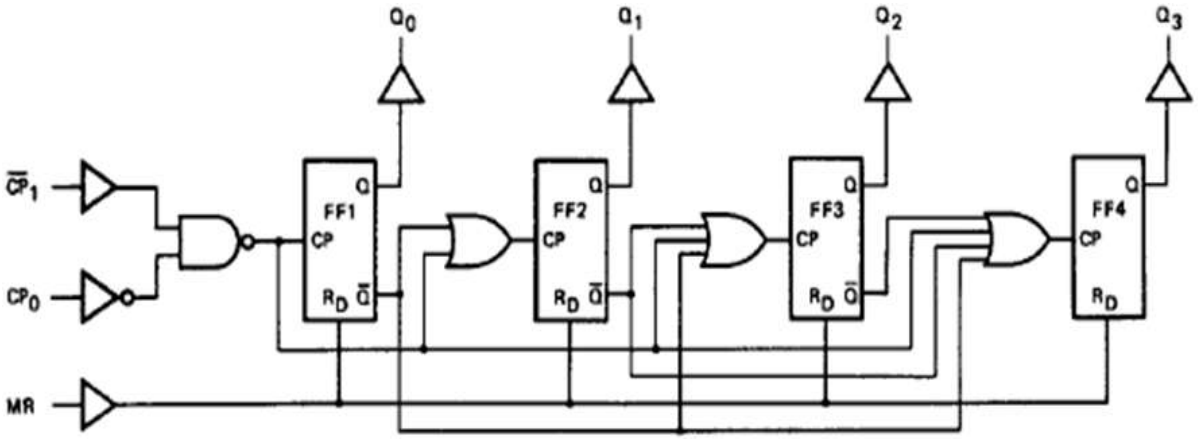


Figura 264 – Diagrama funcional do *74HCT4520* – Contador binário síncrono duplo de 4 bits

(Fonte: *Philips*, 1990)

A Figura 265 ilustra a tabela funcional do circuito integrado digital "*74HCT4520"* contador binário síncrono duplo de 4 bits, mostrando o comportamento das saídas "Q0", "Q1", "Q2" e "Q3", em função da entrada de controlo "MR" e dos sinais de "Clock" nas entradas "nCP0" e "nCP1", oriundos do temporizador "*LM555"*, Figura 267.

FUNCTION TABLE

nCP_0	$n\overline{CP}_1$	MR	MODE
↑	H	L	counter advances
L	↓	L	counter advances
↓	X	L	no change
X	↑	L	no change
↑	L	L	no change
H	↓	L	no change
X	X	H	Q_0 to Q_3 = LOW

Notes

1. H = HIGH voltage level
   L = LOW voltage level
   X = don't care
   ↑ = LOW-to-HIGH clock transition
   ↓ = HIGH-to-LOW clock transition

Figura 265 – Tabela funcional do *74HCT4520* – Contador binário síncrono duplo de 4 bits

(Fonte: *Philips*, 1990)

A Figura 266 ilustra o diagrama temporal do circuito integrado digital "*74HCT4520"* contador binário síncrono duplo de 4 bits, mostrando o comportamento das saídas "Q0", "Q1", "Q2" e "Q3", em função da entrada de controlo "MR" e dos sinais de "Clock" nas entradas "nCP0" e "nCP1", oriundos do temporizador "*LM555"*, Figura 267.

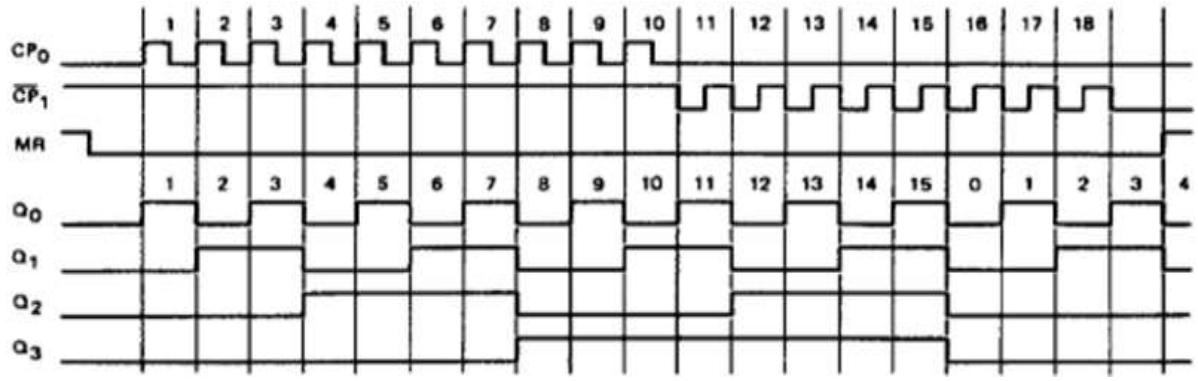


Figura 266 – Diagrama temporal do *74HCT4520* – Contador binário síncrono duplo de 4 bits

(Fonte: *Philips*, 1990)

A Figura 267 ilustra o diagrama de blocos funcional do circuito integrado "*LM555"* temporizador, cuja saída "OUTPUT" funciona como sinal de "Clock" numa das entradas "nCP0" ou "nCP1" do circuito integrado digital "*74HCT4520"* contador binário síncrono duplo de 4 bits, Figura 264.

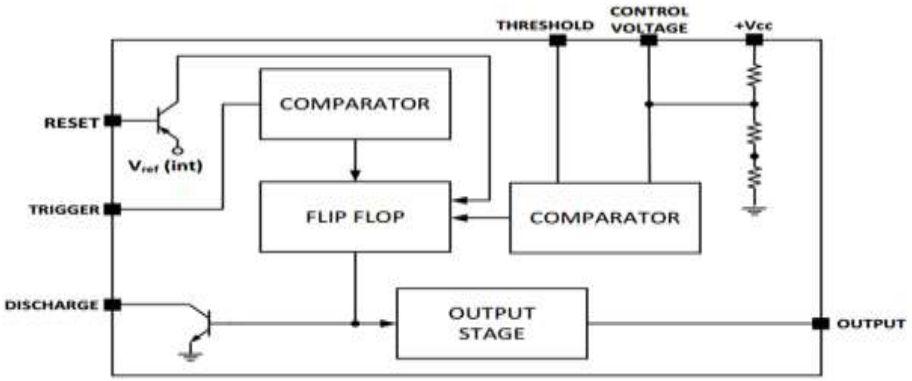


Figura 267 – Diagrama de blocos funcional do temporizador *LM555*

(Fonte: *Texas Instruments*, 2015)

A Figura 268 ilustra o diagrama funcional do circuito integrado "*ADG526A"* multiplexador analógico 16:1, controlado nas suas entradas "A0", "A1", "A2" e "A3" pelas saídas "Q0", "Q1", "Q2" e "Q3" do circuito integrado digital "*74HCT4520"* contador binário síncrono duplo de 4 bits, que assim permitem a seleção individual das chaves internas para transferência sequencial dos sinais analógicos presentes nas entradas "S1" a "S16" para a saída "D".

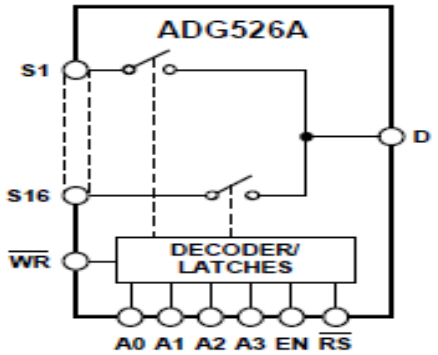


Figura 268 – Diagrama funcional do *ADG526A* – Multiplexador analógico 16:1

(Fonte: *Analog Devices*, 2008)

A Figura 269 ilustra a tabela funcional do circuito integrado "*ADG526A"* multiplexador analógico 16:1, mostrando a forma como as entradas "A0", "A1", "A2" e "A3", em sincronismo com a entrada "WR", influenciam a seleção individual das chaves internas "ON SWITCH" para a transferência sequencial dos sinais analógicos presentes nas entradas "S1" a "S16" para a saída "D", em função do controlo efetuado nas entradas "EN" e "RS".

Table 6. ADG526A Truth Table[1]

A3	A2	A1	A0	EN	$\overline{WR}$	$\overline{RS}$	ON SWITCH
X	X	X	X	X	↓	1	Retains previous switch condition
X	X	X	X	X	X	0	None (address and enable latches cleared)
X	X	X	X	0	0	1	None
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	0	1	2
0	0	1	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	0	1	4
0	1	0	0	1	0	1	5
0	1	0	1	1	0	1	6
0	1	1	0	1	0	1	7
0	1	1	1	1	0	1	8
1	0	0	0	1	0	1	9
1	0	0	1	1	0	1	10
1	0	1	0	1	0	1	11
1	0	1	1	1	0	1	12
1	1	0	0	1	0	1	13
1	1	0	1	1	0	1	14
1	1	1	0	1	0	1	15
1	1	1	1	1	0	1	16

[1] X = don't care.

Figura 269 – Tabela funcional do *ADG526A* – *Multiplexer* analógico 16:1

(Fonte: *Analog Devices*, 2008)

3.5.2 Tratamento de sinais sonoros e análise do ruído

A Figura 270 representa o diagrama de blocos do modelo conceptual informático para o sistema de aquisição e registo de sinais sonoros que permite, no fluxo superior a produção de Mapas e Gráficos de Ruído por recurso ao SIG *IDRISI Kilimanjaro*, a partir de níveis de pressão sonora filtrados com ponderação "A" registados pelo programa "*EasyLogger Dual DS1M12"*, e no fluxo inferior a produção de Gráficos pelo programa *VSLM (Virtual Sound Level Meter)* para Análise Espectral, a partir de níveis de pressão sonora sem filtragem.

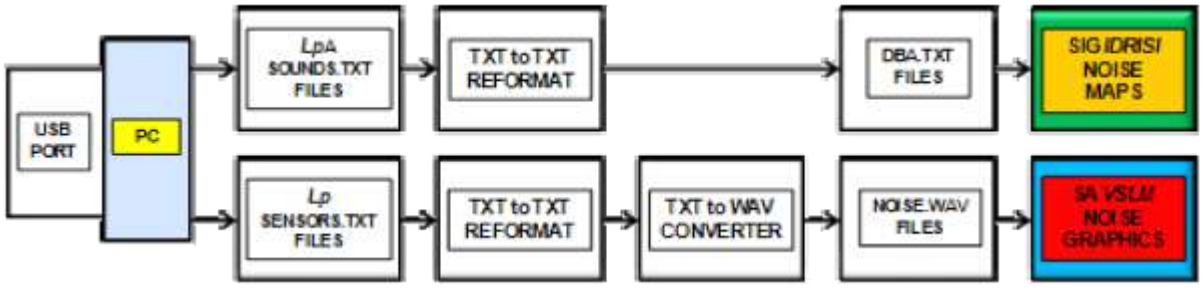


Figura 270 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de sinais sonoros e análise do ruído

(Fonte: Autor)

3.5.2.1 Mapas de Ruído - SIG IDRISI Kilimanjaro

A Figura 271 ilustra o ambiente gráfico do SIG *IDRISI Kilimanjaro*.

Figura 271 – Ambiente gráfico do SIG *IDRISI Kilimanjaro*

(Fonte: *Clark Labs*, 2007)

Resultante do programa "*EasyLogger Dual*" e por recurso ao programa "*LOGGER*", ver Anexo A – Conversor de ficheiros do USB *Data Logger* para o SIG *IDRISI*, o ficheiro "SOUNDS.TXT" é aberto e analisado com o objetivo de criar um novo ficheiro "DB(A).TXT" já devidamente reformatado para ser interpretado pelo SIG *IDRISI* com vista à produção de Mapas (Figura 96, Figura 98, Figura 132 e Figura 133), Gráficos (Figura 99 e Figura 134) e Relatórios de Ruído (Tabela 11, Tabela 16, Tabela 21, Figura 135 e Figura 136), em todo idênticos aos resultantes do estudo(96), realizado pelo autor, (ver 2.1.3 - Arquitetura de um sistema de gestão do ruído em ambiente industrial), no âmbito da dissertação da sua *Tesina* de Doutoramento em *Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo*, defendida em outubro de 2007 na *Universidad de León* – Espanha.

SOUNDS.TXT

```
1,"72,4","69,1",""
2,"68,3","75,8",""
3,"72,4","85,0",""
4,"85,1","64,1",""
5,"150,0","150,0",""
6,"81,0","77,9",""
7,"96,4","85,3",""
8,"75,9","95,1",""
9,"85,9","90.8",""
10,"91,6","85,1",""
11,"81,0","76,4",""
12,"66,4","69,1",""
```

```
13,"56,4","100,8",""
14,"75,9","95,7",""
15,"80,8","87,2",""
16,"91,3","72,0",""
17,"85,9","69,8",""
18,"76,2","75,9",""
19,"56,4","65,3",""
20,"41,0","105,6",""
21,"150,0","150,0",""
22,"51,3","70,0",""
23,"53,1","83,9",""
```

DB(A).TXT

```
5 5 81
10 5 96
15 5 76
20 5 86
25 5 92
30 5 81
35 5 66
40 5 56
45 5 76
5 10 81
10 10 91
15 10 86
35 10 76
40 10 56
45 10 41
25 15 150
5 20 78
10 20 85
15 20 95
35 20 91
40 20 85
45 20 76
5 25 69
10 25 101
15 25 96
20 25 87
25 25 72
30 25 70
```

```
35 25 76
40 25 65
45 25 106
25 20 150
```

Através do "*DS1M12A Signal Generator*", parametrização do sistema de aquisição e registo dos dados presentes nos 30 canais (microfones sensores), para a opção de leitura de sinais sonoros já filtrados com a curva de ponderação "A" e por exemplo para um intervalo de amostragem de 1 s:

- ✓ Selecionar um sinal de tensão contínua "*DC*" com um valor aproximado a -1,5 V, ver Figura 272 e Quadro 120 – Sistema de aquisição de sinais sonoros - endereçamento e funções, (-1503 mV) a disponibilizar à saída "Aout":

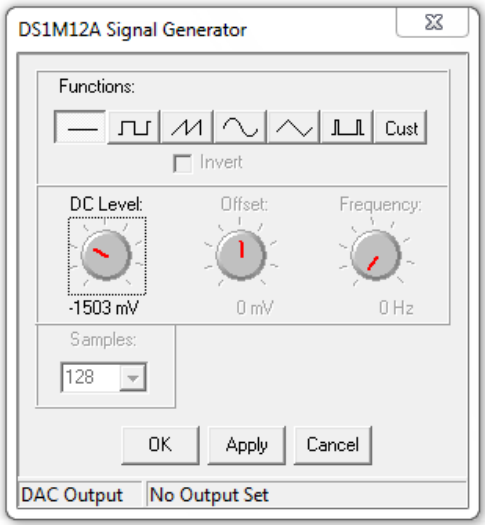


Figura 272 – Gerador de sinal *DS1M12A* – Parametrização do intervalo de amostragem e ativação dos filtros com ponderação "A"

(Fonte: *EasySYNC*, 2015)

- ✓ Assim, através do subsistema "*Scaning Multiplex and A-Filters Controller*", ver Quadro 121, pelo efeito de conversão do sinal analógico para digital (4-*bit* ADC), é selecionado o oscilador que produz o intervalo de amostragem escolhido (Timers = 1 s) através da saída "Y4" do descodificador (Decoder 4:16), permtindo ainda a comutação "switch" dos filtros com curva de ponderação "A" (A-Filters) para a condição de "ativos":

Quadro 121 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – seleção do intervalo de amostragem e ativação dos filtros com ponderação "A"

USB Data Logger	Scaning Multiplex and A-Filters Controller						SIG *IDRISI*
Aout	A3	A2	A1	A0	Decoder	Timers	A-Filters
-1,5 V	0	1	0	0	Y4	1 s	30

(Fonte: Autor)

- ✓ Esta parametrização mantém-se até que seja efetuada uma nova parametrização, Quadro 122, que seja diferente das seleções correspondentes às saídas "Y7" e "Y8" do descodificador:

Quadro 122 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – efeito de memória da parametrização

USB Data Logger	Scaning Multiplex and A-Filters Controller						Spectrum Analyser *VSLM*			SIG *IDRISI*
Aout	**A3**	**A2**	**A1**	**A0**	**Decoder**	**Timers**	**LpPlot**	**Leq**	**Sgram**	**A-Filters**
-0,0 V	0	1	1	1	Y7	X				X
+0,0 V	1	0	0	0	Y8	X	X	X	X	X

(Fonte: Autor)

- ✓ Em sequência, garantido o efeito anterior de salvaguarda, desliga-se o gerador de sinal, e poderá então iniciar-se o processo de aquisição e registo dos sinais sonoros.

Seguidamente, no programa "*EasyLogger Dual*" procede-se, neste caso:

- ✓ À parametrização do intervalo de amostragem de 1 s;
- ✓ Ao arranque do procedimento de aquisição de dados, através da opção "*Run → Start*" ou do botão "*Start Data Logger*";
- ✓ À gravação do ficheiro "SOUNDS.TXT" onde ficarão registados os valores dos sinais sonoros filtrados com ponderação "A" obtidos a partir dos 30 microfones sensores.

Por forma a garantir-se que as leituras registadas correspondem corretamente a cada um dos 30 microfones sensores:

- ✓ O subsistema "*2 x ANALOG MULTIPLEXER 16:1*" tem as suas 2 entradas de sinal analógico "S1" que, do ponto de vista lógico por corresponderem a 2 "*Multiplexers 16:1*" se designam por "S1" e "S17", fixadas ao nível de sinal positivo mais elevado admissível;
- ✓ Assim, através do programa "*LOGGER*", será possível reconhecer os sinais sonoros oriundos dos 2 primeiros microfones sensores e, consequentemente, de todos os outros a partir daí;
- ✓ A correspondência entre os microfones sensores e entradas analógicas dos "*multilplexers*" consegue-se pelas ligações: "MIC1→S2", …, "MIC15→S16", "MIC16→S18, …, MIC30→S32";

O programa "*LOGGER*" reconhecerá então os sinais oriundos das entradas analógicas "S1" e "S17" pelo valor mais elevado que, neste exemplo didático, se fixaram em "150", permitindo a sua deteção nos 2 canais na 5.ª linha do registo de sinais sonoros do ficheiro "SOUNDS.TXT":

```
1,"72,4","69,1",""
2,"68,3","75,8",""
3,"72,4","85,0",""
4,"85,1","64,1",""
5,"150,0","150,0",""
6,"81,0","77,9",""
7,"96,4","85,3",""
. . .
```

```
20,"41,0","105,6",""
21,"150,0","150,0",""
22,"51,3","70,0",""
```

produzindo assim, por reformatação, o ficheiro “DB(A).TXT” cujas 2 primeiras linhas correspondem aos microfones sensores “MIC1”, “MIC2” e “MIC15” ligados aos canal “A” do “*USB Data Logger*” localizados na Nave Industrial com as coordenadas [5,5], [10,5] e [45,10] com os níveis de ruído “*Lp*A” de 81 dB(A), 96 dB(A) e 41 dB(A), respetivamente, encontrando-se os valores correspondentes aos microfones sensores “”MIC16”, MIC17” e “MIC30” ligados aos canal “B” do “*USB Data Logger*” localizados na Nave Industrial com as coordenadas [5,20], [10,20] e [45,25] com os níveis de ruído “*Lp*A” de 78 dB(A), 85 dB(A) e 106 dB(A), respetivamente, com todos os valores já devidamente arredondados para compatibilidade de leitura pelo SIG *IDRIDI*:

```
5 5 81
10 5 96
. . .
45 10 41
25 15 150
5 20 78
10 20 85
. . .
45 25 106
25 20 150
```

Por forma ainda a garantir-se fiabilidade nos dados obtidos, será necessário proceder-se a algumas alterações no programa “*LOGGER*” que permitam:

- ✓ Nível de Pressão Sonora Equivalente (*Leq*A) – obtenção, a partir do início do ficheiro “SOUNDS.TXT”, das informações data/hora e intervalo de amostragem, dados fundamentais para gravação do ficheiro “DB(A).TXT” com um nome diferente, por exemplo assim: “DB(A)-1s-093816-105723-15JUN2015.TXT”, em concordância com o texto abaixo apresentado, o qual conterá, para cada um dos 30 microfones sensores, a resultante da integração de todos os valores registados no ficheiro “SOUNDS.TXT”:

```
{============================================================}
{ EasyLogger for DS1M12, Text Output                         }
{ Version 1.0                                                }
{ Copyright (c) 2004, EasySync Ltd.                          }
{============================================================}

{============================================================}
{      Started on: 15-06-2015                                }
{              at: 09:38:16                                  }
{ Sample Interval: 1 s                                       }
{============================================================}

Sample Number  ChA Voltage (mV)  ChB Voltage (mV)             Memo
-------------  ----------------  ---------------- ----------------
```

No caso a informação de dia de início ser diferente do dia de fim de leituras, o formato do ficheiro deverá refletir esse efeito, por exemplo assim: “DB(A)-1m-220847-014258-15JUN2015-16JUN2015.TXT”:

```
{=============================================================}
{      Stopped on: 16-06-2015                                 }
{              at: 01:42:58                                   }
{                                                             }
{   Total Samples:        215,000             215,000         }
{    Maximum (mV):           97,6                95,1         }
{    Minimum (mV):          -88,2               -90,2         }
{  Missed Samples:          0,000               0,000         }
{=============================================================}
```

- ✓ Nível de Exposição Pessoal Diária ($L_{(Ex,8h)}$A) – obtenção, a partir do início do ficheiro “SOUNDS.TXT”, das informações data/hora e intervalo de amostragem, dados fundamentais para gravação do ficheiro “DB(A).TXT” com um nome diferente, por exemplo assim: “EPDA-1m-070000-160000-16JUN2015.TXT” em concordância com o texto abaixo apresentado, o qual conterá para cada um dos 30 microfones sensores a resultante da integração de todos os valores registados no ficheiro “SOUNDS.TXT”, e logo que o programa verifique que o período de 8 horas se encontre cumprido, garantindo-se também este ficheiro somente assim será criado caso não seja detetado pelo programa o fim de ficheiro (*EOF*) antes de decorridas as 8 horas da jornada de trabalho, permitindo também a entrada de um parâmetro de hora inicial de tratamento de leituras, por exemplo “Hora Inicial → 07:00“, rejeitando todos os valores desde as “06:52:49h” até às “07:00:00h durante a análise e formatação dos dados pelo programa “*LOGGER*”:

```
{=============================================================}
{ EasyLogger for DS1M12, Text Output                          }
{ Version 1.0                                                 }
{ Copyright (c) 2004, EasySync Ltd.                           }
{=============================================================}

{=============================================================}
{      Started on: 16-06-2015                                 }
{              at: 06:52:49                                   }
{ Sample Interval: 1 m                                        }
{=============================================================}

Sample Number  ChA Voltage (mV)  ChB Voltage (mV)             Memo
-------------  ---------------  ---------------- ---------------
```

- ✓ Calibração – operação de aquisição, registo e tratamento dos sinais sonoros filtrados com ponderação “A” obtidos a partir de um determinado microfone sensor e gravados no ficheiro com “SOUNDS.TXT”, em simultaneidade horária com leituras realizadas com um sonómetro integrador devidamente calibrado e colocado junto do mesmo microfone sensor acautelando-se os efeitos reflexivos, o que permitirá determinar o valor diferencial a funcionar como fator de correção sobre os níveis de ruído filtrados com ponderação “A” a gravar nos ficheiros “DB(A)-Zs-YYYYYY-XXXXXX-VVVVVVVVV.TXT, admitindo, para além da entrada da hora inicial de tratamento de leituras, também a entrada do parâmetro “diferencial de calibração” positivo ou negativo, por exemplo “Diferencial de Calibração → +25,8“ ou “Diferencial de Calibração → -1,3“.

3.5.2.2 Análise Espectral – VSLM (Virtual Sound Level Meter)

A Figura 273 ilustra o ambiente gráfico do *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*.

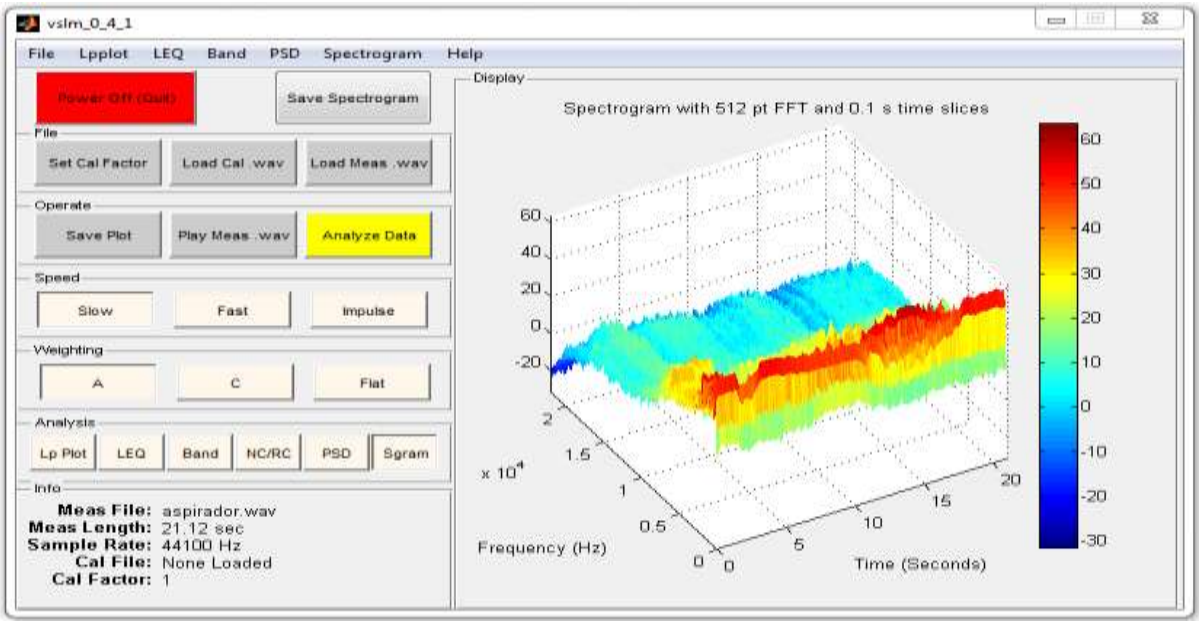


Figura 273 – Ambiente gráfico do *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*

(Fonte: *SourceForge*, 2015)

Resultante do programa "*EasyLogger Dual*" e função do programa "*WAV Converter*" a utilizar, vide exemplo de um programa, Figura 274, "*Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++), DNASoft*", que permite a conversão de ficheiros com informação "TXT" para um formato áudio (.WAV), será assim necessário construir um programa idêntico ao "*LOGGER*" que se poderá denominar de "*WAVER*" que produzirá um ficheiro, por exemplo, com o nome "SENSORS.TXT" para ser aberto e analisado com o objetivo de criar um novo ficheiro "NOISE.TXT" já reformatado para ser interpretado pelo *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*, com vista à produção de Gráficos e Histogramas com Análise Espetral de Ruído.

Figura 274 – Ambiente gráfico do *Text To Wave 3.15 Unicode (Borland C++), DNASoft*

(Fonte: *DNA Soft*, 2015)

SENSORS.TXT

```
1,"73,7","70,3",""
```

```
2,"69,9","77,4",""
3,"75,0","87,1",""
4,"86,8","66,4",""
5,"150,0","150,0",""
6,"83,2","79,1",""
7,"97,8","87,1",""
8,"77,2","96,7",""
9,"88,0","92.6",""
10,"93,3","86,9",""
11,"83,5","78,6",""
12,"69,0","71,3",""
13,"58,2","103,2",""
14,"77,6","97,4",""
15,"83,0","89,6",""
16,"94,0","74,3",""
17,"87,8","71,1",""
18,"79,1","78,3",""
19,"58,0","68,5",""
20,"43,8","107,3",""
21,"150,0","150,0",""
22,"53,2","71,1",""
23,"56,4","85,1",""
```

Através do "*DS1M12A Signal Generator*", parametrização do sistema de aquisição e registo dos dados presentes nos 30 canais (microfones sensores), para a opção de leitura de sinais sonoros sem filtragem e por exemplo para um intervalo de amostragem de 100 ms:

- ✓ Selecionar um sinal de tensão contínua "*DC*" com um valor aproximado a +1,0 V, ver Figura 275 e Quadro 120 – Sistema de aquisição de sinais sonoros - endereçamento e funções, (997 mV) a disponibilizar à saída "Aout":

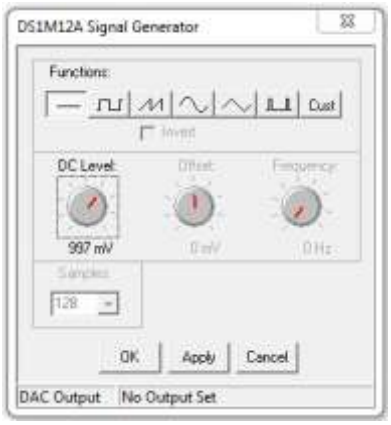


Figura 275 – Gerador de sinal *DS1M12A* – Parametrização do intervalo de amostragem e inativação dos filtros com ponderação "A"

(Fonte: *EasySYNC*, 2015)

- ✓ Assim, através do subsistema "*Scaning Multiplex and A-Filters Controller*", ver Quadro 123, pelo efeito de conversão do sinal analógico para digital (4-*bit* ADC), é selecionado o oscilador que produz o intervalo de amostragem escolhido (Timers = 100 ms) através da saída "Y10" do descodificador (Decoder 4:16), permitindo ainda a comutação "*switch*" dos filtros com curva de ponderação "A" (A-Filters) para a condição de "inativos":

Quadro 123 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – seleção do intervalo de amostragem e inativação dos filtros com ponderação "A"

USB Data Logger	Scaning Multiplex and A-Filters Controller						Spectrum Analyser *VSLM*			SIG *IDRISI*
Aout	A3	A2	A1	A0	Decoder	Timers	LpPlot	Leq	Sgram	A-Filters
+1,0 V	1	0	1	0	Y10	100 ms	1	1	1	0

(Fonte: Autor)

- ✓ Esta parametrização mantém-se até que seja efetuada uma nova parametrização, Quadro 124, que seja diferente das seleções correspondentes às saídas "Y7" e "Y8" do descodificador:

Quadro 124 – Sistema de aquisição de sinais sonoros – efeito de memória da parametrização

USB Data Logger	Scaning Multiplex and A-Filters Controller						Spectrum Analyser *VSLM*			SIG *IDRISI*
Aout	A3	A2	A1	A0	Decoder	Timers	LpPlot	Leq	Sgram	A-Filters
-0,0 V	0	1	1	1	Y7	X				X
+0,0 V	1	0	0	0	Y8	X	X	X	X	X

(Fonte: Autor)

- ✓ Em sequência, garantido o efeito anterior de salvaguarda, desliga-se o gerador de sinal, e poderá então iniciar-se o processo de aquisição e registo dos sinais sonoros.

Seguidamente, no programa "*EasyLogger Dual*" procede-se, neste caso:

- ✓ À parametrização do intervalo de amostragem de 100 ms;
- ✓ Ao arranque do procedimento de aquisição de dados, através da opção "*Run → Start*" ou do botão "*Start Data Logger*";
- ✓ À gravação do ficheiro "SENSORS.TXT" onde ficarão registados os valores dos sinais sonoros sem filtragem obtidos a partir dos 30 microfones sensores.

Por forma a garantir-se que as leituras registadas correspondem corretamente a cada um dos 30 microfones sensores:

- ✓ O subsistema "*2 x ANALOG MULTIPLEXER 16:1*" tem as suas 2 entradas de sinal analógico "S1" que, do ponto de vista lógico por corresponderem a 2 "*Multiplexers 16:1*" se designam por "S1" e "S17", fixadas ao nível de sinal positivo mais elevado admissível;
- ✓ Assim, através do programa "*WAVER*", acima referido, será possível reconhecer os sinais sonoros oriundos dos 2 primeiros microfones sensores e, consequentemente, de todos os outros a partir daí;

- ✓ A correspondência entre os microfones sensores e entradas analógicas dos "multilplexers" consegue-se pelas ligações: "MIC1→S2", …, "MIC15→S16", "MIC16→S18, …, MIC30→S32";

Em sequência, o denominado programa "*WAVER*" deverá reconhecer, de forma idêntica ao programa "*LOGGER*", os sinais oriundos das entradas analógicas "S1" e "S17" pelo valor mais elevado que, neste exemplo didático, se fixaram em "150", permitindo a sua deteção nos 2 canais na 5.ª linha do registo de sinais sonoros do ficheiro "SENSORS.TXT":

```
1,"73,7","70,3",""
2,"69,9","77,4",""
3,"75,0","87,1",""
4,"86,8","66,4",""
5,"150,0","150,0",""
6,"83,2","79,1",""
7,"97,8","87,1",""
. . .
20,"43,8","107,3",""
21,"150,0","150,0",""
22,"53,2","71,1",""
```

produzindo assim, por reformatação, um ficheiro "NOISE.TXT" cujas 2 primeiras linhas correspondem aos microfones sensores "MIC1", "MIC2" e "MIC15" ligados aos canal "A" do "*USB Data Logger*" localizados na Nave Industrial com as coordenadas [5,5], [10,5] e [45,10] com os níveis de ruído "*Lp*" de 83 dB, 98 dB e 44 dB(A), respetivamente, encontrando-se os valores correspondentes aos microfones sensores ""MIC16", MIC17" e "MIC30" ligados aos canal "B" do "USB Data Logger" localizados na Nave Industrial com as coordenadas [5,20], [10,20] e [45,25] com os níveis de ruído "*Lp*" de 79 dB, 87 dB e 107 dB, respetivamente e cujo ficheiro será posteriormente convertido por um programa "WAVE Converter" para um novo ficheiro "NOISE.WAV" com capacidade para ser lido e analisado pelo programa de Análise Espectral – *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*.

Por forma ainda a garantir-se fiabilidade nos dados obtidos, será necessário garantir que o programa "*WAVER*" permita:

- ✓ Nível de Pressão Sonora Equivalente (*Leq*) – obtenção, a partir do início do ficheiro "SENSORS.TXT", das informações data/hora e intervalo de amostragem, dados fundamentais para gravação do ficheiro "NOISE.TXT" com um nome diferente, por exemplo assim: "NOISE-M18-1s-103917-115824-17JUN2015.TXT", em concordância com o texto abaixo apresentado, o qual conterá a resultante da integração de todos os valores sem filtragem registados no ficheiro "SENSORS.TXT", de um determinado microfone sensor através de escolha por entrada de um parâmetro com o seu número de identificação logo no arranque do programa "*WAVER*", por exemplo assim: "Microfone Sensor n.º → 18", já supra identificado no nome do ficheiro como "M18", rejeitando todos os valores associados aos restantes microfones sensores:

{==========}

```
{ EasyLogger for DS1M12, Text Output                                  }
{ Version 1.0                                                         }
{ Copyright (c) 2004, EasySync Ltd.                                   }
{=====================================================================}

{=====================================================================}
{      Started on: 17-06-2015                                         }
{              at: 10:39:17                                           }
{ Sample Interval: 1 s                                                }
{=====================================================================}

Sample Number  ChA Voltage (mV)  ChB Voltage (mV)             Memo
-------------  ---------------  ---------------- ---------------
```

No caso a informação de dia de início ser diferente do dia de fim de leituras, o formato do ficheiro deverá refletir esse efeito, por exemplo assim: “NOISE-M29-1m-230948-024359-17JUN2015-18JUN2015.TXT”:

```
{=====================================================================}
{      Stopped on: 18-06-2015                                         }
{              at: 03:43:59                                           }
{                                                                     }
{   Total Samples:        275,000             275,000                 }
{    Maximum (mV):           98,7                96,2                 }
{    Minimum (mV):          -89,3               -91,3                 }
{  Missed Samples:          0,000               0,000                 }
{=====================================================================}
```

- ✓ Nível de Exposição Pessoal Diária (*L(Ex,8h)*) – obtenção, a partir do início do ficheiro “SENSORS.TXT”, das informações data/hora e intervalo de amostragem, dados fundamentais para gravação do ficheiro “NOISE.TXT” com um nome diferente, por exemplo assim: “EPDX-M27-1m-080000-170000-17JUN2015.TXT” em concordância com o texto abaixo apresentado, o qual conterá a resultante da integração de todos os valores sem filtragem registados no ficheiro “SENSORS.TXT”, de um determinado microfone sensor através de escolha por entrada de um parâmetro com o seu número de identificação logo no arranque do programa “*WAVER*”, por exemplo assim: “Microfone Sensor n.º → 27“, já supra identificado no nome do ficheiro como “M27”, rejeitando todos os valores associados aos restantes microfones sensores, e logo que o programa verifique que o período de 8 horas se encontre cumprido, garantindo-se também este ficheiro somente assim será criado caso não seja detetado pelo programa o fim de ficheiro (*EOF*) antes de decorridas as 8 horas da jornada de trabalho, permitindo também a entrada de um parâmetro de hora inicial de tratamento de leituras, por exemplo “Hora Inicial → 08:00“, rejeitando todos os valores desde as “07:53:50h” até às “08:00:00h durante a análise e formatação dos dados pelo programa “*LOGGER*”:

```
{=====================================================================}
{ EasyLogger for DS1M12, Text Output                                  }
{ Version 1.0                                                         }
{ Copyright (c) 2004, EasySync Ltd.                                   }
{=====================================================================}

{=====================================================================}
{      Started on: 16-06-2015                                         }
{              at: 07:53:50                                           }
{ Sample Interval: 1 m                                                }
{=====================================================================}
```

Sample Number	ChA Voltage (mV)	ChB Voltage (mV)	Memo

- ✓ Calibração – operação de aquisição, registo e tratamento dos sinais sonoros sem filtragem obtidos a partir de um determinado microfone sensor, gravados no ficheiro "SENSORS.TXT" e já devidamente formatados no ficheiro "NOISE.TXT, em simultaneidade horária com leituras realizadas com um sonómetro integrador devidamente calibrado e colocado junto do mesmo microfone sensor acautelando-se os efeitos reflexivos, o que permitirá determinar o valor diferencial a funcionar como fator de correção sobre os níveis de ruído sem filtragem a configurar na opção de calibração "*Set Cal Factor*" do programa de Análise Espectral – *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo, começa-se por apresentar os valores das emissões de ruído obtidos nas medições efetuados nos locais de trabalho da unidade industrial em estudo, identificando-se os locais de trabalho com maior nível de exposição ao ruído e as máquinas que para tal assim contribuem.

Em seguida, faz-se uma abordagem sobre os aspetos essenciais que ressaltam da análise espetral resultante do detalhe medições efetuadas ao nível das bandas de oitava.

Apresentam-se igualmente os valores resultantes da exposição ocupacional individual ao ruído referente ao coletivo de trabalhadores ao longo de um dia de trabalho, tendo em consideração os seus tempos médios na área de influência de cada local de trabalho.

Com base nos resultados encontrados, essenciais a uma estratégia decisória sobre as ações prioritárias de prevenção e proteção coletiva, que incluem a implementação de medidas de engenharia e de organização do trabalho que possam minimizar o impacto negativo na saúde dos trabalhadores expostos ao ruído, procede-se, onde se justificar, à seleção dos protetores auditivos mais adequados para utilização de cada trabalhador, em função da sua permanência nos diferentes locais de trabalho.

Apresenta-se, em síntese, a funcionalidade do sistema proposto para aquisição e registo de sinais sonoros a recolher por sensores a distribuir pelos locais de trabalhos com maior efeito de exposição ao ruído sobre os trabalhadores.

Por último, descrevem-se os passos principais conducentes ao tratamento dos sinais sonoros registados pelo sistema e à produção dos mapas, relatórios e gráficos do ruído, essenciais aos procedimentos analíticos a realizar sobre cada tipo específico desta importante fonte de informação de apoio à gestão.

4.1 Emissões de Ruído nos Locais de Trabalho

Na Tabela 23 apresentam-se os níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A), por ordem decrescente, presentes nos locais de trabalho, e sua representação gráfica, Figura 276 e Figura 277.

#	Locais de Trabalho / Máquinas	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	L_{Cpico} dB(C)
18	Rebarbadora/Retificadora	**93,3**	119,7
23	Máquina de Limpeza	**91,7**	116,3
2	Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2	**89,5**	108,5
17	Esmeriladora	**89,3**	114,1
5	Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2	**89,1**	112,2
7	Máquina de Fabricar Painéis 1	**86,8**	110,1
10	Máquina de Serragem de Postes 2	**85,8**	118,5
1	Alimentação de Ar Comprimido	**85,6**	99,3
19	Máquina de Polir	**85,5**	110,3
16	Máquina de Soldar por Resistência a Ponto	**85,3**	115,7
8	Máquina de Fabricar Painéis 2	**85,0**	110,3
3	Compressor	**84,1**	97,8
14	Máquina de Rebitar	**83,4**	106,5
20	Empilhador	**83,4**	105,8
11	Engenho de Furar 1	**82,6**	105,1
9	Máquina de Serragem de Postes 1	**81,7**	116,0
4	Armazém 3 - Matéria Prima e Produto Acabado	**81,6**	97,9
12	Engenho de Furar 2	**80,8**	106,2
15	Máquina de Soldar MIG/MAG	**80,4**	87,2
24	Armazém 1 - Matéria Prima e Produto Intermédio	**80,3**	97,8
21	Zona de Lacagem	**79,9**	111,4
22	Máquina de Embalamento	**78,9**	85,9
13	Máquina de Furar Automática	**77,1**	100,4
6	Máquina de Fabricar Painéis 3	**76,0**	114,9
30	Sala de Formação e Refeições	**75,5**	99,8
26	Zona de Cargas e Descargas	**73,4**	92,6
25	Armazém 2 - Matéria Prima e Produto Acabado	**69,2**	85,7
29	Escritório - Estabelecimento Comercial	**64,5**	73,1
28	Gabinete - Direção de Produção	**62,6**	73,7
27	Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa	**57,8**	73,4

Tabela 23 – Níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A), por ordem decrescente, nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

Resultante de análise à Tabela 23, pode verificar-se que os locais de trabalho mais expostos ao ruído estão associados às máquinas que contribuem com níveis $L_{Aeq,Tk}$ de emissão sonora mais elevados, iguais ou acima de 87 dB(A) «valor limite de exposição» representados com fundo a "vermelho", designadamente:

- ✓ n.º 18 ➔ Rebarbadora/Retificadora - 93,3 dB(A)
- ✓ n.º 23 ➔ Máquina de Limpeza - 91,7 dB(A)
- ✓ n.º 2 ➔ Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2 - 89,5 dB(A)
- ✓ n.º 17 ➔ Esmeriladora - 89,3 dB(A)
- ✓ n.º 5 ➔ Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2 - 89,1 dB(A)

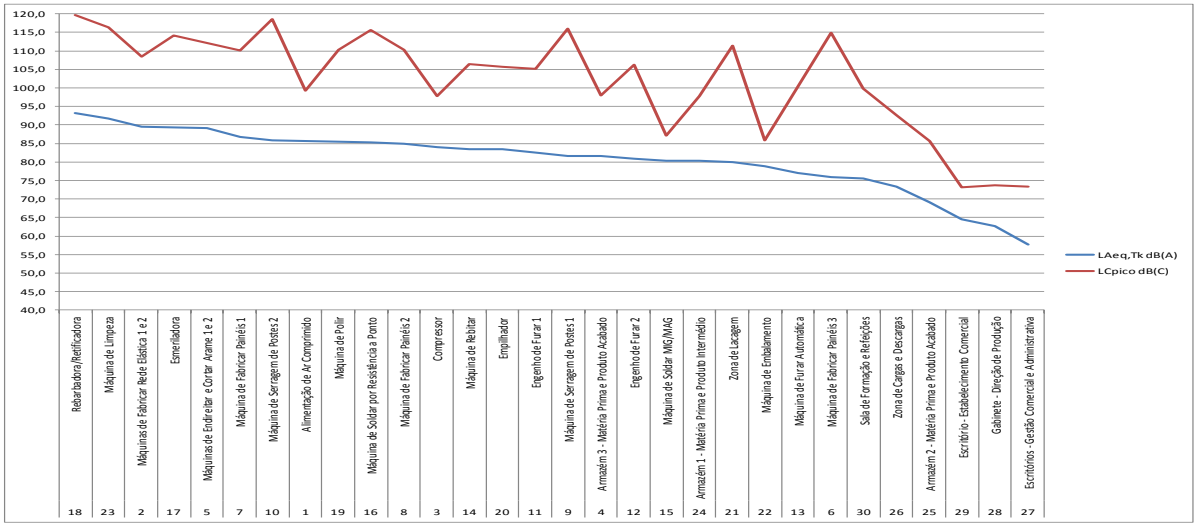


Figura 276 – Gráfico com os níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A), por ordem decrescente, nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

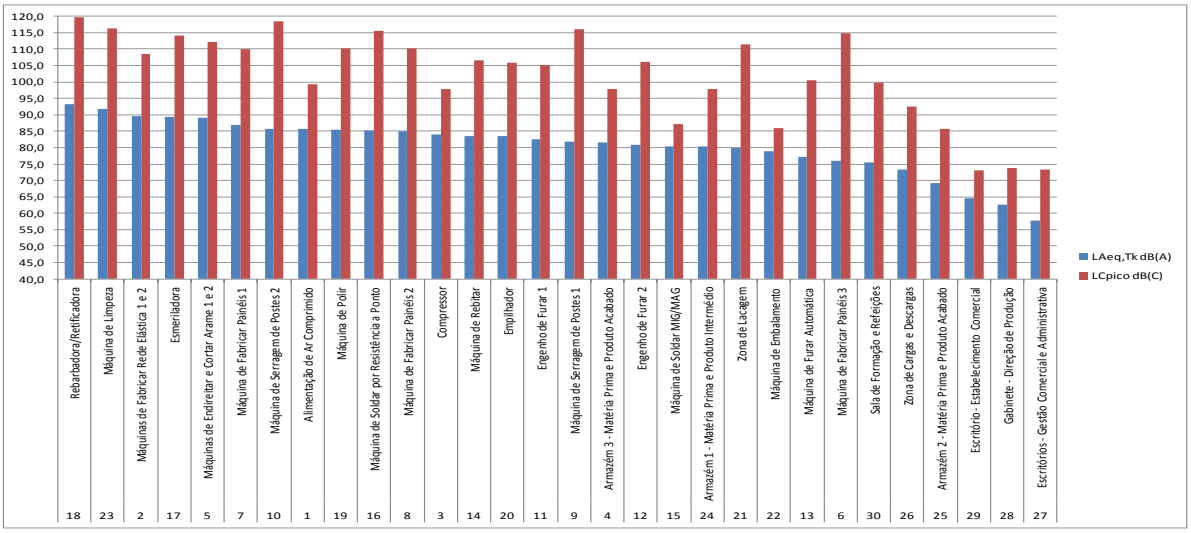


Figura 277 – Gráfico de barras com os níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A), por ordem decrescente, nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

Neste âmbito, pode também verificar-se que os locais de trabalho com um nível considerável de exposição ao ruído estão associados a máquinas que contribuem com níveis $L_{Aeq,Tk}$ elevados de emissão sonora, iguais ou acima de 85 dB(A) «valor de ação superior» e abaixo de 87 dB(A), representados com fundo a "laranja", designadamente:

- ✓ n.º 7 ➔ Máquina de Fabricar Painéis 1 - 86,8 dB(A)
- ✓ n.º 10 ➔ Máquina de Serragem de Postes 2 - 85,8 dB(A)
- ✓ n.º 1 ➔ Alimentação de Ar Comprimido - 85,6 dB(A)
- ✓ n.º 19 ➔ Máquina de Polir - 85,5 dB(A)
- ✓ n.º 16 ➔ Máquina de Soldar por Resistência a Ponto - 85,3 dB(A)
- ✓ n.º 8 ➔ Máquina de Fabricar Painéis 2 - 85,0 dB(A)

Da mesma forma, se verifica que os locais de trabalho com um nível apreciável de exposição ao ruído estão associados a máquinas que contribuem com níveis $L_{Aeq,Tk}$ assinaláveis de emissão sonora geradores de primeiro alerta, iguais ou acima de 80 dB(A) «valor de ação inferior» e abaixo de 85 dB(A), representados com fundo a "amarelo", designadamente:

- ✓ n.º 3 ➔ Compressor - 84,1 dB(A)
- ✓ n.º 14 ➔ Máquina de Rebitar - 83,4 dB(A)
- ✓ n.º 20 ➔ Empilhador - 83,4 dB(A)
- ✓ n.º 11 ➔ Engenho de Furar 1 - 82,6 dB(A)
- ✓ n.º 9 ➔ Máquina de Serragem de Postes 1 - 81,7 dB(A)
- ✓ n.º 4 ➔ Armazém 3 - Matéria-prima e Produto Acabado - 81,6 dB(A)
- ✓ n.º 12 ➔ Engenho de Furar 2 - 80,8 dB(A)
- ✓ n.º 15 ➔ Máquina de Soldar MIG/MAG - 80,4 dB(A)
- ✓ n.º 24 ➔ Armazém 1 - Matéria-prima e Produto Intermédio - 80,3 dB(A)

Verifica-se ainda que os locais de trabalho com um nível mais baixo de exposição ao ruído estão associados a máquinas que contribuem com níveis $L_{Aeq,Tk}$ menores de emissão sonora, abaixo de 80 dB(A) «valor de ação inferior», sendo contudo de assinalar que, devido a fenómenos de incerteza nas medições e também relativos a oscilações resultantes da própria atividade laboral, se deve dar uma especial atenção aos locais de trabalho e respetivas máquinas cuja exposição ao ruído e emissão sonora com valores iguais ou superiores a 75 dB(A), representados com fundo a "azul", designadamente:

- ✓ n.º 21 ➔ Zona de Lacagem - 79,9 dB(A)
- ✓ n.º 22 ➔ Máquina de Embalamento - 78,9 dB(A)
- ✓ n.º 13 ➔ Máquina de Furar Automática - 77,1 dB(A)
- ✓ n.º 6 ➔ Máquina de Fabricar Painéis 3 - 76,0 dB(A)
- ✓ n.º 30 ➔ Sala de Formação e Refeições - 75,5 dB(A)

Considerando-se assim, como locais de trabalho mais resguardados em termos de exposição ao ruído, e portanto menos prejudiciais à saúde no que diz respeito ao potencial desenvolvimento da surdez enquanto doença profissional, os que apresentam valores abaixo de 75 dB(A), representados a "verde", designadamente:

- ✓ n.º 26 ➔ Zona de Cargas e Descargas - 73,4 dB(A)
- ✓ n.º 25 ➔ Armazém 2 - Matéria-prima e Produto Acabado - 69,2 dB(A)
- ✓ n.º 29 ➔ Escritório - Estabelecimento Comercial - 64,5 dB(A)
- ✓ n.º 28 ➔ Gabinete - Direção de Produção - 62,6 dB(A)
- ✓ n.º 27 ➔ Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa - 57,8 dB(A)

Na Tabela 24 apresentam-se os níveis de ruído L_{Cpico} em dB(C), por ordem decrescente, presentes nos locais de trabalho, e sua representação gráfica, Figura 278 e Figura 279.

#	Locais de Trabalho / Máquinas	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	L_{Cpico} dB(C)
18	Rebarbadora/Retificadora	93,3	**119,7**
10	Máquina de Serragem de Postes 2	85,8	**118,5**
23	Máquina de Limpeza	91,7	**116,3**
9	Máquina de Serragem de Postes 1	81,7	**116,0**
16	Máquina de Soldar por Resistência a Ponto	85,3	**115,7**
6	Máquina de Fabricar Painéis 3	76,0	**114,9**
17	Esmeriladora	89,3	**114,1**
5	Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2	89,1	**112,2**
21	Zona de Lacagem	79,9	**111,4**
19	Máquina de Polir	85,5	**110,3**
8	Máquina de Fabricar Painéis 2	85,0	**110,3**
7	Máquina de Fabricar Painéis 1	86,8	**110,1**
2	Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2	89,5	**108,5**
14	Máquina de Rebitar	83,4	**106,5**
12	Engenho de Furar 2	80,8	**106,2**
20	Empilhador	83,4	**105,8**
11	Engenho de Furar 1	82,6	**105,1**
13	Máquina de Furar Automática	77,1	**100,4**
30	Sala de Formação e Refeições	75,5	**99,8**
1	Alimentação de Ar Comprimido	85,6	**99,3**
4	Armazém 3 - Matéria Prima e Produto Acabado	81,6	**97,9**
3	Compressor	84,1	**97,8**
24	Armazém 1 - Matéria Prima e Produto Intermédio	80,3	**97,8**
26	Zona de Cargas e Descargas	73,4	**92,6**
15	Máquina de Soldar MIG/MAG	80,4	**87,2**
22	Máquina de Embalamento	78,9	**85,9**
25	Armazém 2 - Matéria Prima e Produto Acabado	69,2	**85,7**
28	Gabinete - Direção de Produção	62,6	**73,7**
27	Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa	57,8	**73,4**
29	Escritório - Estabelecimento Comercial	64,5	**73,1**

Tabela 24 – Níveis de ruído L_{Cpico} em dB(C), por ordem decrescente, nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

Resultante de análise à Tabela 24, pode verificar-se que os locais de trabalho mais expostos a ruídos impulsivos estão associados às máquinas que contribuem com níveis L_{Cpico} de emissão de sons de impacto mais elevados, ainda que abaixo de 135 dB(C) «valor de ação inferior», representados com fundo a "laranja" com níveis sonoros aqui registados acima de 115 dB(C), não serão de desprezar até pelo efeito de fenómenos de incerteza nas medições e de oscilações resultantes da própria atividade laboral, designadamente:

- ✓ n.º 18 ➔ Rebarbadora/Retificadora - 119,7 dB(C)
- ✓ n.º 10 ➔ Máquina de Serragem de Postes 2 - 118,5 dB(C)
- ✓ n.º 23 ➔ Máquina de Limpeza - 116,3 dB(C)
- ✓ n.º 9 ➔ Máquina de Serragem de Postes 1 - 116,0 dB(C)
- ✓ n.º 16 ➔ Máquina de Soldar por Resistência a Ponto - 115,7 dB(C)

Os restantes casos, assinalados com fundos a "amarelo", "azul" e "verde", constituem-se como de menor preocupação, já sendo também alvo de atenção quanto aos níveis $L_{Aeq,Tk}$.

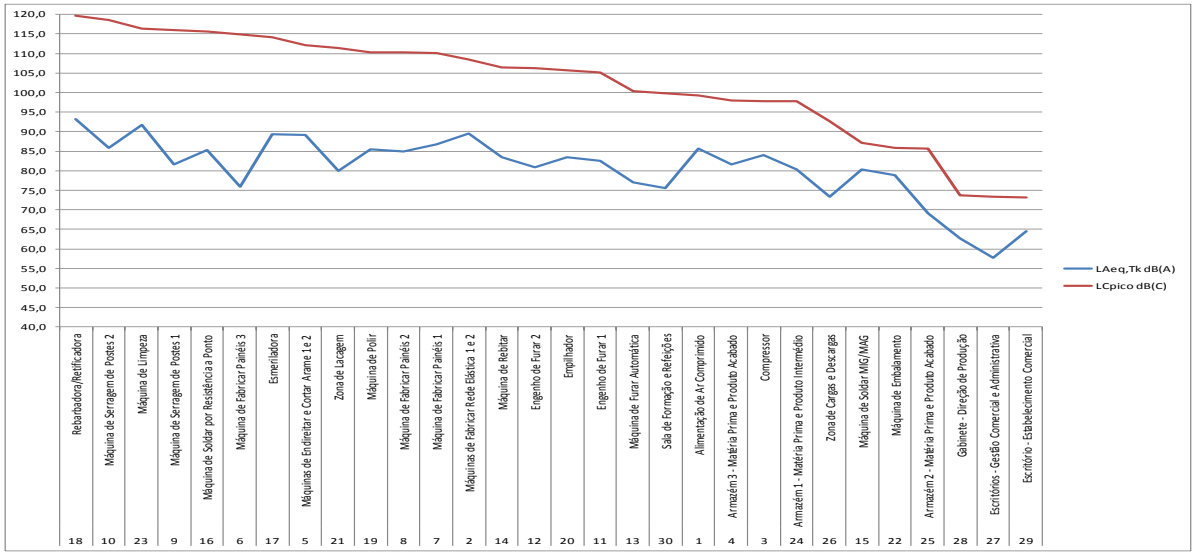


Figura 278 – Gráfico com os níveis de ruído *L*Cpico em dB(C), por ordem decrescente, nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

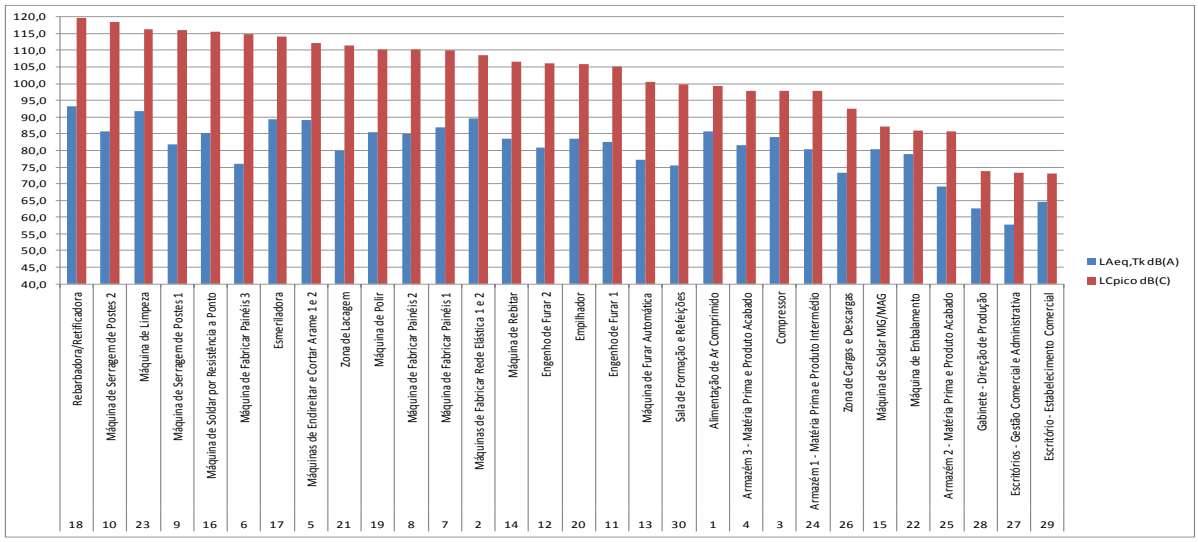


Figura 279 – Gráfico de barras com os níveis de ruído *L*Cpico em dB(C), por ordem decrescente, nos locais de trabalho

(Fonte: Autor)

Por análise aos gráficos da Figura 278 e da Figura 279, pode constatar-se que os locais de trabalho mais expostos a ruído impulsivo, associados a máquinas com níveis L_{Cpico} de emissão de sons de impacto, apresentam uma correspondência aproximada aos locais de trabalho mais expostos ao ruído, associados a níveis $L_{Aeq,Tk}$ de emissão sonora mais elevados, salvaguardando-se algumas situações em que o pendor de níveis L_{Cpico} de emissão de sons de impacto se distancia consideravelmente da emissão associada de níveis sonoros $L_{Aeq,Tk}$, como são designadamente, os casos:

- ✓ n.º 9 ➔ Máquina de Serragem de Postes 1 - 81,7 dB(A) - 116,0 dB(C)
- ✓ n.º 6 ➔ Máquina de Fabricar Painéis 3 - 76,0 dB(A) - 114,9 dB(C)
- ✓ n.º 21 ➔ Zona de Lacagem - 79,9 dB(A) - 111,4 dB(C)

4.2 Análise Espectral do Ruído

Na Tabela 25 apresentam-se os níveis médios de ruído em dB(A), por grupos de locais de trabalho / máquinas e classificados por bandas de oitava em Hz, divididos em concordância com os níveis $L_{Aeq,Tk}$, assim representados a:

- ✓ "vermelho" ➔ valores iguais ou acima de 87 dB(A)
- ✓ "laranja" ➔ valores iguais ou acima de 85 dB(A) e abaixo de 87 dB(A)
- ✓ "amarelo" ➔ valores iguais ou acima de 80 dB(A) e abaixo de 85 dB(A)
- ✓ "azul" ➔ valores iguais ou acima de 75 dB(A) e abaixo de 80 dB(A)
- ✓ "verde" ➔ valores abaixo de 75 dB(A)

			Nível de Ruído Médio por Grupos de Locais de Trabalho dB(A) **e por Bandas de Oitava** (Hz)							
#	**Locais de Trabalho / Máquinas**	***L Aeq,Tk*** dB(A)	**63**	**125**	**250**	**500**	**1k**	**2k**	**4k**	**8k**
18	Rebarbadora/Retificadora	**93,3**	**52,3**	**60,6**	**64,7**	**73,7**	**81,9**	**83,3**	**82,2**	**78,4**
23	Máquina de Limpeza	**91,7**								
2	Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2	**89,5**								
17	Esmeriladora	**89,3**								
5	Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2	**89,1**								
7	Máquina de Fabricar Painéis 1	**86,8**	**62,0**	**66,7**	**72,0**	**76,3**	**79,2**	**77,7**	**76,5**	**74,3**
10	Máquina de Serragem de Postes 2	**85,8**								
1	Alimentação de Ar Comprimido	**85,6**								
19	Máquina de Polir	**85,5**								
16	Máquina de Soldar por Resistência a Ponto	**85,3**								
8	Máquina de Fabricar Painéis 2	**85,0**								
3	Compressor	**84,1**	**52,9**	**57,9**	**65,6**	**73,6**	**76,0**	**74,9**	**74,0**	**69,2**
14	Máquina de Rebitar	**83,4**								
20	Empilhador	**83,4**								
11	Engenho de Furar 1	**82,6**								
9	Máquina de Serragem de Postes 1	**81,7**								
4	Armazém 3 - Matéria Prima e Produto Acabado	**81,6**								
12	Engenho de Furar 2	**80,8**								
15	Máquina de Soldar MIG/MAG	**80,4**								
24	Armazém 1 - Matéria Prima e Produto Intermédio	**80,3**								
21	Zona de Lacagem	**79,9**	**55,1**	**57,5**	**63,3**	**68,2**	**69,7**	**69,3**	**68,0**	**63,8**
22	Máquina de Embalamento	**78,9**								
13	Máquina de Furar Automática	**77,1**								
6	Máquina de Fabricar Painéis 3	**76,0**								
30	Sala de Formação e Refeições	**75,5**								
26	Zona de Cargas e Descargas	**73,4**	**46,8**	**44,8**	**54,6**	**60,2**	**60,2**	**57,8**	**54,6**	**48,5**
25	Armazém 2 - Matéria Prima e Produto Acabado	**69,2**								
29	Escritório - Estabelecimento Comercial	**64,5**								
28	Gabinete - Direção de Produção	**62,6**								
27	Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa	**57,8**								

Tabela 25 – Níveis médios de ruído por grupos de locais de trabalho, dB(A) e por bandas de oitava (Hz)

(Fonte: Autor)

Resultante de análise à Tabela 25, pode verificar-se que o grupo de locais de trabalho /máquinas identificado com fundo a "vermelho" encontra-se mais exposto a emissões de ruído nas faixas de frequências de 2 kHz com 83,3 dB(A), de 4 kHz com 82,2 dB(A) e 1 kHz com 81,9 dB(A), e situa-se assim entre o «valor de ação inferior = 80 dB(A)» e o «valor de ação superior = 85 dB(A)», todavia contribuindo para valores médios equivalentes acima do «valor limite de exposição», e naturalmente causando os maiores prejuízos em termos do desenvolvimento da surdez, devido às faixas de frequência em causa.

Em sequência de análise, verifica-se que o grupo de locais / máquinas identificado com fundo a "laranja" encontra-se exposto a emissões de ruído abaixo do «valor de ação inferior = 80 dB(A)» nas faixas de frequências de 1 kHz com 79,2 dB(A), de 2 kHz com 77,7 dB(A), 4 kHz com 76,5 dB(A) e 500 Hz com 76,3 dB(A), todavia contribuindo para valores médios equivalentes entre o «valor de ação superior» e o «valor limite de exposição», e naturalmente potenciando prejuízos em termos do desenvolvimento da surdez.

Na Tabela 26 apresentam-se os níveis de ruído $L_{Aeq,Tk}$ em dB(A) por locais de trabalho / máquinas, classificados por bandas de oitava em Hz, divididos em concordância com os níveis $L_{Aeq,Tk}$, assim representados a:

- ✓ "vermelho" ➔ valores iguais ou acima de 87 dB(A)
- ✓ "laranja" ➔ valores iguais ou acima de 85 dB(A) e abaixo de 87 dB(A)
- ✓ "amarelo" ➔ valores iguais ou acima de 80 dB(A) e abaixo de 85 dB(A)
- ✓ "azul" ➔ valores iguais ou acima de 75 dB(A) e abaixo de 80 dB(A)
- ✓ "verde" ➔ valores abaixo de 75 dB(A)

			Nível de Ruído por Locais de Trabalho dB(A) **por Bandas de Oitava** (Hz)							
#	**Locais de Trabalho / Máquinas**	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	**63**	**125**	**250**	**500**	**1k**	**2k**	**4k**	**8k**
18	Rebarbadora/Retificadora	**93,3**	28,6	39,5	46,7	63,7	85,0	87,5	89,6	85,5
23	Máquina de Limpeza	**91,7**	55,7	62,3	68,9	78,2	83,5	87,6	86,1	82,8
2	Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2	**89,5**	65,7	71,7	79,7	85,5	83,6	81,6	76,2	68,5
17	Esmeriladora	**89,3**	35,7	42,3	48,9	64,2	81,3	83,4	85,1	82,3
5	Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2	**89,1**	75,6	87,1	79,2	77,0	76,1	76,2	74,0	73,1
7	Máquina de Fabricar Painéis 1	**86,8**	77,8	74,6	77,0	77,9	78,9	78,8	79,1	76,0
10	Máquina de Serragem de Postes 2	**85,8**	56,2	61,1	70,6	76,9	79,0	81,0	78,5	75,8
1	Alimentação de Ar Comprimido	**85,6**	45,5	65,4	70,9	78,1	83,1	75,5	72,6	73,4
19	Máquina de Polir	**85,5**	53,4	59,1	61,7	70,9	78,7	79,1	80,2	78,9
16	Máquina de Soldar por Resistência a Ponto	**85,3**	22,6	39,7	46,4	57,6	71,8	77,2	79,7	82,4
8	Máquina de Fabricar Painéis 2	**85,0**	77,2	73,3	79,6	77,7	76,5	74,3	72,1	67,2
3	Compressor	**84,1**	44,0	63,9	69,4	76,6	81,6	74,0	71,1	71,9
14	Máquina de Rebitar	**83,4**	66,9	76,0	74,4	74,0	76,9	75,9	73,3	69,9
20	Empilhador	**83,4**	62,3	67,4	70,3	74,8	79,7	76,5	73,2	71,1
11	Engenho de Furar 1	**82,6**	41,8	51,0	56,0	69,2	76,7	77,2	78	69,4
9	Máquina de Serragem de Postes 1	**81,7**	46,0	50,0	56,1	75,8	70,0	73,5	77,0	74,2
4	Armazém 3 - Matéria Prima e Produto Acabado	**81,6**	62,4	53,5	71,3	75,8	76,4	74,5	72,0	65,5
12	Engenho de Furar 2	**80,8**	36,5	47,2	54,8	67,8	74,6	75,7	76,2	68,3
15	Máquina de Soldar MIG/MAG	**80,4**	54,3	57,3	67,6	73,3	73,4	74,1	74,3	68,6
24	Armazém 1 - Matéria Prima e Produto Intermédio	**80,3**	61,6	54,6	70,3	74,7	75,1	72,9	70,6	63,9
21	Zona de Lacagem	**79,9**	53,6	60,8	68,5	71,7	72,4	71,6	73,6	73,0
22	Máquina de Embalamento	**78,9**	58,1	50,3	70,8	74,5	73,8	69,1	65,2	56,4
13	Máquina de Furar Automática	**77,1**	44,9	49,0	53,4	66,0	71,6	72,9	70,3	62,9
6	Máquina de Fabricar Painéis 3	**76,0**	57,0	54,0	58,2	65,6	68,4	70,3	70,6	67,3
30	Sala de Formação e Refeições	**75,5**	62,0	73,5	65,6	63,4	62,5	62,6	60,4	59,5
26	Zona de Cargas e Descargas	**73,4**	55,7	47,2	63,4	67,8	68,2	66,0	63,7	57,0
25	Armazém 2 - Matéria Prima e Produto Acabado	**69,2**	51,5	43,5	59,2	63,6	64,0	61,8	59,5	52,8
29	Escritório - Estabelecimento Comercial	**64,5**	45,0	47,0	50,0	58,1	60,4	58,0	51,7	50,0
28	Gabinete - Direção de Produção	**62,6**	42,0	44,2	52,7	59,4	55,8	53,1	50,2	41,4
27	Escritórios - Gestão Comercial e Administrativa	**57,8**	40,0	42,0	47,7	52,1	52,5	50,3	48,0	41,3

Tabela 26 – Níveis de ruído por locais de trabalho, dB(A) e por bandas de oitava (Hz)

(Fonte: Autor)

Resultante de análise à Tabela 26, pode verificar-se que a máquina mais prejudicial no desenvolvimento da surdez é Rebarbadora/Retificadora que se encontra no local de trabalho n.º 18 contribuindo com elevado nível de emissão sonora, em especial, na banda de oitava de 4 kHz com 89,6 dB(A), seguindo-se-lhe a Máquina de Limpeza com preponderância de atuação no local de trabalho n.º 23 contribuindo com elevado nível de emissão sonora, em especial, na banda de oitava de 2 kHz com 87,6 dB(A).

Idêntico processo analítico na pesquisa de fatores de risco conducentes a medidas corretivas e preventiva, estende-se aos restantes locais de trabalho e máquinas associadas, sendo contudo de assinalar o caso particular das Máquinas de Endireitar e Cortar Arame 1 e 2, localizadas no local de trabalho n.º 5, apresentando um nível muito elevado de emissão sonora na banda de oitava de 125 Hz com 87,1 dB(A), resultante do tipo de operações que realiza muito centrado nas componentes de baixa frequência que, sendo menos prejudiciais no desenvolvimento da surdez, entram no entanto no domínio da vibroacústica, podendo de forma continuada potenciar o desenvolvimento de doenças do foro psíquico-fisiológico.

4.3 Avaliação da Exposição Pessoal Diária ao Ruído

Apresentam-se seguidamente, Quadro 125, Quadro 126, Quadro 127 e Quadro 128, em concordância e sintonia direta com o Anexo III do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, os resultados das avaliações individuais de exposição pessoal diária de um dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho, obtidos a partir da Tabela 27 constituída pelo registo e tratamento dos valores recolhidos e apurados no Capítulo 3.3.3 - Atividades desenvolvidas, medições efetuadas e efeitos atenuadores. A Tabela 28 e a Tabela 29 mostram o essencial do conteúdo da Tabela 27, garantindo-se a confidencialidade por recurso a nomes e apelidos fictícios, por razões de privacidade pessoal individual.

Quadro 125 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 1/3)

Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído Durante o Trabalho

PAIS MATIAS, LDA. **Indústria e Comércio de Sistemas de Vedações Metálicas** **Santarém**	**N.º de Páginas:** 1 de 3 **N.º de Processo:** 14

Nome do Trabalhador: Norberto Tenreiro

Data de Nascimento: 15-Mai-1976 **Sexo:** M

Profissão: Serralheiro de Construções e Estruturas Metálicas

Data de Admissão na Empresa, Estabelecimento ou Serviço: 16-Set-2002

Tempo de Serviço em Ambientes Ruidosos: 12 **Anos (estimativa)**

Sistema de Segurança Social: Centro Regional de Segurança Social de: Santarém

Beneficiário n.º: 00 000 000 014

$L_{EX,8h}$ = 85,0 dB(A)	$L_{EX,8h,efect}$ = 60,2 dB(A)
$L_{EX,8h}$ = dB(A)	L_{Cpico} = 119,7 dB(C)

Assinatura do Trabalhador:

_____ **Data:** / /

Assinatura do Empregador:

_____ **Data:** / /

Data da Avaliação: 7-Jun-2015

Sistema de Medição utilizada na Avaliação: Analisador Bruel & Kjaer Mod. 2260, Calibrador Acústico Bruel & Kjaer Mod. 4231

Método de Ensaio: Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído, segundo o DL 182/2006, de 6 de Setembro

Nome do Autor: Rui Augusto Sardinha **Assinatura:**

(Fonte: Autor)

O preenchimento dos campos no Quadro 125, com os dados associados ao processo de cada trabalhador, é efetuado automaticamente a partir da Tabela 27, excetuando-se os valores $L_{Ex,8h}$ e L_{Cpico} que são alimentados a partir do Quadro 126, e o $L_{Ex,8h,efect}$ que resulta do Quadro 128 onde se apresentam os resultados finais do Quadro 127.

Quadro 126 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 2/3)

Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído Durante o Trabalho				
PAIS MATIAS, LDA. **Indústria e Comércio de Sistemas de Vedações Metálicas** **SANTARÉM**			**N.º de Páginas:** **2 de 3** **N.º de Processo:** **14**	
Descrição das Atividades do Trabalhador, na Empresa, Estabelecimento ou Serviço.	***Te*** Tempo de amostragem (minuto) na medição do ruído.	***Tk*** Tempo de exposição (hora/dia) ao ruído.	***L Aeq,Tk*** **dB(A)**	***L Cpico*** **dB(C)**
Nome da Zona de Trabalho: Postos de Trabalho ocupados pelo trabalhador na zona (designação de Máquinas, etc.)	**Nota:** Nestas medições, com a máxima exatidão, será: ***Ta = Tk = Te***	**Nota:** Quando for necessário medir, separadamente, "K" ruídos diferentes, será: ***Te = ∑ Tk***	**Nota:** Nestas condições, calcular pelas fórmulas do n.º 6, Anexo I, o valor: ***L EX, 8h***	
a) Soldadura MIG/MAG		5,5	80,4	87,2
b) Soldar Resistência a Ponto		0,5	85,3	115,7
c) Serragem de Postes 2		0,5	85,8	118,5
d) Furação no Engenho 2		0,5	80,8	103,2
e) Esmerilagem		0,5	89,3	114,1
f) Rebarbagem/Retificação		0,5	93,3	119,7
g)				
h)				
i)				
Valores Finais:		***Te*** Total de horas de Trabalho **8,0 h/dia**	***L EX,8h*** Exposição Pessoal Diária **85,0 dB(A)**	***L Cpico*** **119,7 dB(C)**
Nota: Os valores finais, em especial os da Exposição Pessoal Diária ao Ruído durante o trabalho, ***L EX, 8h*** e o valor máximo do nível do pico sonoro, serão registados nesta página, desde que o trabalhador permaneça diariamente, durante o trabalho, na zona.				

(Fonte: Autor)

O preenchimento dos campos no Quadro 126 com os dados associados ao processo de cada trabalhador é efetuado automaticamente a partir da Tabela 27, designadamente a identificação dos diferentes postos de trabalho e os respetivos valores *Tk*, $L_{Aeq,Tk}$ e L_{Cpico}, dados, utilizados para o apuramento dos valores *Te*, $L_{AEx,8h}$ e L_{Cpico}.

Quadro 127 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 3/3)

Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído Durante o Trabalho		
PAIS MATIAS, LDA. **Indústria e Comércio de Sistemas de Vedações Metálicas** **SANTARÉM**	**N.º de Páginas:**	**3 de 3**
	N.º de Processo:	**14**

Cálculo da exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente protetores de ouvido, conhecida a atenuação em dB/oitava									
Ruído "K": Tempo de exposição (horas) do trabalhador ao ruído =	5,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nome da Zona de Trabalho:	**Soldadura MIG/MAG**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		54,3	57,3	67,6	73,3	73,4	74,1	74,3	68,6
Atenuações médias do protetor de ouvido indicadas pelo fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvios padrão das atenuações do protetor, indicado pelo fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Níveis globais por banda de oitava):**		48,4	52,5	52,9	53,0	50,4	46,7	42,9	37,0
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		***L Aeq,Tk,efect* =**	**59,2**	**db (A)**					

Cálculo da exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente protetores de ouvido, conhecida a atenuação em dB/oitava									
Ruído "K": Tempo de exposição (horas) do trabalhador ao ruído =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nome da Zona de Trabalho:	**Soldar Resistência a Ponto**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		22,6	39,7	46,4	57,6	71,8	77,2	79,7	82,4
Atenuações médias do protetor de ouvido indicadas pelo fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvios padrão das atenuações do protetor, indicado pelo fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Níveis globais por banda de oitava):**		16,7	34,9	31,7	37,3	48,8	49,8	48,3	50,8
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		***L Aeq,Tk,efect* =**	**55,7**	**db (A)**					

Cálculo da exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente protetores de ouvido, conhecida a atenuação em dB/oitava									
Ruído "K": Tempo de exposição (horas) do trabalhador ao ruído =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nome da Zona de Trabalho:	**Serragem de Postes 2**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		56,2	61,1	70,6	76,9	79,0	81,0	78,5	75,8
Atenuações médias do protetor de ouvido indicadas pelo fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvios padrão das atenuações do protetor, indicado pelo fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Níveis globais por banda de oitava):**		50,3	56,3	55,9	56,6	56,0	53,6	47,1	44,2
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		***L Aeq,Tk,efect* =**	**63,2**	**db (A)**					

(Fonte: Autor)

O preenchimento dos campos no Quadro 127 com os dados associados ao processo de cada trabalhador é efetuado automaticamente a partir da Tabela 27, continuando de igual forma no Quadro 128, uma vez que, neste caso concreto, o trabalhador ocupa faseadamente vários postos de trabalho ao longo da sua jornada diária de trabalho.

Quadro 128 – Avaliação da exposição pessoal diária ao ruído (Quadro 3/3 - continuação)

Cálculo da exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente protetores de ouvido, conhecida a atenuação em dB/oitava									
Ruído "K": Tempo de exposição (horas) do trabalhador ao ruído =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nome da Zona de Trabalho:	**Furação no Engenho 2**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		36,5	47,2	54,8	67,8	74,6	75,7	76,2	68,3
Atenuações médias do protetor de ouvido indicadas pelo fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvios padrão das atenuações do protetor, indicado pelo fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Níveis globais por banda de oitava):**		30,6	42,4	40,1	47,5	51,6	48,3	44,8	36,7
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		***L Aeq,Tk,efect* =**		**55,2 db (A)**					

Cálculo da exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente protetores de ouvido, conhecida a atenuação em dB/oitava									
Ruído "K": Tempo de exposição (horas) do trabalhador ao ruído =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nome da Zona de Trabalho:	**Esmerilagem**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		35,7	42,3	48,9	64,2	81,3	83,4	85,1	82,3
Atenuações médias do protetor de ouvido indicadas pelo fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvios padrão das atenuações do protetor, indicado pelo fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Níveis globais por banda de oitava):**		29,8	37,5	34,2	43,9	58,3	56,0	53,7	50,7
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		***L Aeq,Tk,efect* =**		**61,6 db (A)**					

Cálculo da exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente protetores de ouvido, conhecida a atenuação em dB/oitava									
Ruído "K": Tempo de exposição (horas) do trabalhador ao ruído =	0,5	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1 kHz**	**2 kHz**	**4 kHz**	**8 kHz**
Nome da Zona de Trabalho:	**Rebarbagem/Retificação**								
***L Aeq,f,Tk* (Espetro ponderado A):**		28,6	39,5	46,7	63,7	85,0	87,5	89,6	85,5
Atenuações médias do protetor de ouvido indicadas pelo fabricante:		13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Desvios padrão das atenuações do protetor, indicado pelo fabricante x 2:		7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
***L n* (Níveis globais por banda de oitava):**		22,7	34,7	32,0	43,4	62,0	60,1	58,2	53,9
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10\log_{10}\sum_n 10^{0,1.Ln}$		***L Aeq,Tk,efect* =**		**65,5 db (A)**					

Os protetores auriculares considerados para esta análise de frequências foram:	**MARCA:**	**3M**	**MODELO:**	**1440**
$L_{EX,8h,efect} = 10.\log_{10}\left[(1/8)\sum_{k=1}^{k=n} T_K.10^{0,1.LAeq,Tk,efect}\right]$	***L EX,8h,efect* =**	**60,2 db (A)**		
(Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores de ouvido, conforme o exposto na Alínea c) do n.º 2 do Anexo V)				

(Fonte: Autor)

Em continuidade do Quadro 127, o preenchimento dos campos no Quadro 128 com os dados associados ao processo de cada trabalhador é efetuado automaticamente a partir da Tabela 27, designadamente também os dados correspondentes à escolha da “Marca” e do “Modelo” dos Protetores Auriculares, realizada sobre a Tabela 27, em função das melhores garantias de atenuação produzidas pela sua resposta em frequência nas bandas de oitava.

É na Tabela 27 que se preenchem os dados associados a cada trabalhador no âmbito do seu processo avaliativo de exposição pessoal diária ao ruído, designadamente: “Número #”, “Nome”, “Apelido”, “Sexo”, “Data de Nascimento”, “Idade”, “Data de Admissão”, “Anos de Serviço”, “Profissão/Categoria”, “Atividade”, “Nave ou Posto de Trabalho”, “Horário”, “Tempo Ocupacional” e “Protetor Auricular Recomendado”, sendo os valores L_w, $L_{Aeq,Tk}$, L_{Cpico} e $L_{Ex,Tk,\ efect}$ alimentados automaticamente a partir de Quadro 92, Quadro 93, Quadro 94, Quadro 95, Quadro 96, Quadro 97, Quadro 98, Quadro 99, Quadro 100, Quadro 101, Quadro 102, Quadro 103, Quadro 104, Quadro 105, Quadro 106, Quadro 107 e Quadro 108, e os valores de $L_{Ex,8h}$ e $L_{Ex,8h,\ efect}$ apurados na própria Tabela 27.

#	NOME	APELIDO	SEXO	NASCIMENTO	IDADE	ADMISSÃO	ANOS	PRORSSÃO/CATEGORIA	ATIVIDADE	NAVE	HORÁRIO	Lw dB(A)	LAeq,Tk dB(A)	LCpico dB(C)	TEMPO (horas)	LEX, 8h dB(A)	LAeq,Tk, efect dB(A)	LEX,8h, efect dB(A)	PROTETOR AURICULAR RECOMENDADO	
1	Gualter	Duarte	M	02-11-1965	49	01-07-1988	27	Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
2	Gustavo	Bento	M	16-04-1970	45	01-08-1993	22	Motorista	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
3	Luís	Teodoro	M	16-12-1963	51	01-01-1994	21	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 1	2	14:00-22:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
4	Ilídio	Norton	M	12-01-1973	42	01-04-1996	19	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Rede Elástica	1	09:00-18:00	97,5	89,5	108,5	6,0	88,9	71,4	71,1	3M	1440
									Compressor			92,1	84,1	97,8	0,5		63,7			
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	0,5		68,1			
									Escritório Estabelecimento			64,5	64,5	73,1	1,0		73,1			
5	Gonçalo	Casanova	M	13-03-1976	39	01-03-1998	17	Sócio Gerente	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
6	Beatriz	Dionísio	F	23-04-1972	43	01-02-2000	15	Assistente Administrativa	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
7	Sérgio	Bonifácio	M	30-07-1979	36	01-03-2002	13	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 1	2	06:00-14:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
8	Serafim	Botelho	M	17-12-1977	37	02-03-2002	13	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 2	2	06:00-14:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
9	Pedro	Casanova	M	19-08-1974	41	01-08-2001	14	Sócio Gerente	Direção de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	6,0	80,2	62,6	68,1	EAR	Ultra Fit
									Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
									Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
									Fabrico de Painéis 1	2		94,8	86,8	110,1	0,5		72,2			
									Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	0,5		72,4			
10	Samuel	Gomes	M	04-11-1977	37	01-10-2003	11	Operador de Estufas	Lacagem	2	06:00-14:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
11	Carlos	Dantas	M	21-09-1978	36	01-10-2001	13	Operador de Máquinas Qualificado	Endireitar e Cortar Arame	3	14:00-22:00	97,1	89,1	112,2	4,0	86,5	76,8	73,9	EAR	Ultra Fit
									Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	3,0		58,4			
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
12	Tânia	Dias	F	19-08-1980	35	01-05-2002	13	Assistente Administrativa	Escritórios Sede		09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
13	Ulisses	Barros	M	27-12-1984	30	01-10-2004	10	Serralheiro de Construções e Estruturas Metálicas	Soldadura MIG/MAG	4	09:00-18:00	88,4	80,4	87,2	5,5	85,0	59,2	60,2	3M	1440
									Soldar Resistência a Ponto			93,3	85,3	115,7	0,5		55,7			
									Serragem de Postes 2			93,8	85,8	118,5	0,5		63,2			
									Furação no Engenho 2			88,8	80,8	103,2	0,5		55,2			
									Esmerilagem			97,3	89,3	114,1	0,5		61,6			
									Rebarbagem/Retificação			101,3	93,3	119,7	0,5		65,5			
14	Norberto	Tenreiro	M	15-05-1976	39	16-09-2002	12	Serralheiro de Construções e Estruturas Metálicas	Soldadura MIG/MAG	4	09:00-18:00	88,4	80,4	87,2	5,5	85,0	59,2	60,2	3M	1440
									Soldar Resistência a Ponto			93,3	85,3	115,7	0,5		55,7			
									Serragem de Postes 2			93,8	85,8	118,5	0,5		63,2			
									Furação no Engenho 2			88,8	80,8	103,2	0,5		55,2			
									Esmerilagem			97,3	89,3	114,1	0,5		61,6			
									Rebarbagem/Retificação			101,3	93,3	119,7	0,5		65,5			
15	Guilherme	Borba	M	26-05-1977	38	23-09-2002	12	Adjunto Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
16	Isaías	Tolda	M	13-09-1966	48	10-10-2002	12	Coordenador de Produção	Gabinete de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	2,0	84,2	62,6	71,0	EAR	Ultra Fit
									Fabrico de Painéis 1			94,8	86,8	110,1	2,0		72,2			
									Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	2,0		72,4			
									Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
									Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
									Furação e Rebitagem			85,1	77,1	106,5	0,5		69,5			
									Lacagem	2		87,9	79,9	111,4	0,5		63,8			
17	Orlando	Tancredo	M	21-10-1973	41	02-12-2002	12	Operador de Máquinas	Lacagem	2	06:00-14:00	111,4	79,9	111,4	4,0	80,2	63,8	65,2	EAR	Ultra Fit
									Embalagem			86,9	78,9	85,9	3,0		65,4			
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
18	Sandra	Barreiro	F	16-02-1948	67	12-05-2003	12	Trabalhadora de Limpeza	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	4,0	77,5	57,8	63,1	EAR	Ultra Fit
									Embalagem	2		86,9	78,9	85,9	1,5		65,4			
									Gabinete de Produção			62,6	62,6	73,7	1,0		62,6			
									Serragem de Postes 1	3		89,7	81,7	116,0	1,0		64,6			
									Serragem de Postes 2	4		93,8	85,8	118,5	0,5		69,0			
19	Xavier	Tomás	M	07-12-1960	54	01-08-2003	12	Auxiliar de Serviços	Serragem de Postes 1	3	09:00-18:00	89,7	81,7	116,0	3,5	82,3	64,6	67,3	EAR	Ultra Fit
									Furação e Rebitagem			91,4	83,4	106,5	3,5		69,5			
									Furação no Engenho 1			90,6	82,6	105,1	0,5		64,6			
									Gabinete de Produção	2		62,6	62,6	73,7	0,5		62,6			
20	Leopoldo	Ulmeiro	M	05-06-1963	52	02-02-2004	11	Assistente Logística Internacional	Embalagem	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
21	Daniel	Nascimento	M	23-08-1963	52	08-03-2004	11	Técnico Oficial de Contas	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
22	Ricardo	Coimbra	M	04-07-1958	57	06-10-2009	5	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
23	Bártolo	Guerreiro	M	02-06-1969	46	01-08-2002	13	Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
24	Francisca	Tondela	F	29-01-1972	43	01-09-2002	12	Adjunta Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
25	Ernesto	Quartilho	M	24-10-1984	30	17-05-2004	11	Operador de Maquinas	Fabrico de Painéis 2	2	14:00-22:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
26	Bruno	Bretes	M	10-04-1972	43	24-05-2004	11	Assistente Logística Internacional	Embalagem	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
27	Gaspar	Lemos	M	01-07-1973	42	16-08-2010	4	Adjunto Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
28	Urbano	Neto	M	26-04-1984	31	14-06-2004	11	Operador de Máquinas	Endireitar e Cortar Arame	3	06:00-14:00	97,1	89,1	112,2	4,0	86,5	76,8	73,9	EAR	Ultra Fit
									Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	3,0		58,4			
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
29	Tiago	Casanova	M	21-12-1981	33	02-12-2004	10	Assistente de Produção	Gabinete de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	4,0	82,4	62,6	60,2	EAR	Ultra Fit
									Fabrico de Painéis 1			94,8	86,8	110,1	1,0		72,2			
									Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	1,0		72,4			
									Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
									Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
									Furação e Rebitagem			91,4	83,4	106,5	0,5		69,5			
									Lacagem	2		87,9	79,9	111,4	0,5		63,8			
30	Nelson	Norte	M	18-07-1984	31	02-01-2006	9	Operador de Estufas	Lacagem	2	14:00-22:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
31	Júlio	Gonçalves	M	15-11-1988	26	05-04-2006	9	Operador de Estufas	Embalagem	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
									Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
32	Xando	Martins	M	10-12-1987	27	15-05-2006	9	Operador de Estufas	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
33	Quitério	Dinis	M	05-04-1975	40	05-12-2006	8	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
34	Fernanda	Bentes	F	10-04-1959	56	09-01-2007	8	Auxiliar de Serviços	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
35	Quintino	Tamariz	M	15-10-1972	42	21-01-2008	7	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
36	Leonardo	Xisto	M	27-08-1979	35	23-01-2008	7	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
37	Osvaldo	Tavares	M	17-02-1983	32	15-06-2009	6	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
38	Umbelino	Dargent	M	06-07-1988	27	03-08-2009	6	Auxiliar de Serviços	Fabrico de Painéis 3	3	09:00-18:00	84,0	76,0	114,9	8,0	76,0	58,4	58,4	EAR	Ultra Fit
39	Simão	Nunes	M	21-02-1979	36	19-08-2009	5	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
40	Octávio	Damas	M	16-11-1984	30	14-03-2011	4	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	7,0	81,1	63,8	64,3	EAR	Ultra Fit
									Polimento Mecânico			93,5	85,5	110,3	1,0		66,8			

Tabela 27 - Base de dados dos trabalhadores, exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular

(Fonte: Autor)

A Tabela 28, por razões de melhor visualização, apresenta os dados correspondentes aos campos essenciais dos primeiros 16 trabalhadores, num total de 40.

#	IDADE	ADMISSÃO	ANOS	PROFISSÃO/CATEGORIA	ATIVIDADE	NAVE	HORÁRIO	LW dB(A)	LAeq,Tk dB(A)	LCpico dB(C)	TEMPO (horas)	LEX, 8h dB(A)	LAeq,Tk, efect dB(A)	LEX,8h, efect dB(A)	PROTETOR AURICULAR RECOMENDADO	
1	49	01-07-1988	27	Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
2	45	01-08-1993	22	Motorista	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
3	51	01-01-1994	21	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 1	2	14:00-22:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
4	42	01-04-1996	19	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Rede Elástica	1	09:00-18:00	97,5	89,5	108,5	6,0	88,9	71,4	71,1	3M	1440
					Compressor			92,1	84,1	97,8	0,5		63,7			
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	0,5		68,1			
					Escritório Estabelecimento			64,5	64,5	73,1	1,0		73,1			
5	39	01-03-1998	17	Sócio Gerente	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
6	43	01-02-2000	15	Assistente Administrativa	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
7	36	01-03-2002	13	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 1	2	06:00-14:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
8	37	02-03-2002	13	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 2	2	06:00-14:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
9	41	01-08-2001	14	Sócio Gerente	Direção de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	6,0	80,2	62,6	68,1	EAR	Ultra Fit
					Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
					Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
					Fabrico de Painéis 1	2		94,8	86,8	110,1	0,5		72,2			
					Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	0,5		72,4			
10	37	01-10-2003	11	Operador de Estufas	Lacagem	2	06:00-14:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
11	36	01-10-2001	13	Operador de Máquinas Qualificado	Endireitar e Cortar Arame	3	14:00-22:00	97,1	89,1	112,2	4,0	86,5	76,8	73,9	EAR	Ultra Fit
					Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	3,0		58,4			
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
12	35	01-05-2002	13	Assistente Administrativa	Escritórios Sede		09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
13	30	01-10-2004	10	Serralheiro de Construções e Estruturas Metálicas	Soldadura MIG/MAG	4	09:00-18:00	88,4	80,4	87,2	5,5	85,0	59,2	60,2	3M	1440
					Soldar Resistência a Ponto			93,3	85,3	115,7	0,5		55,7			
					Serragem de Postes 2			93,8	85,8	118,5	0,5		63,2			
					Furação no Engenho 2			88,8	80,8	103,2	0,5		55,2			
					Esmerilagem			97,3	89,3	114,1	0,5		61,6			
					Rebarbagem/Retificação			101,3	93,3	119,7	0,5		65,5			
14	39	16-09-2002	12	Serralheiro de Construções e Estruturas Metálicas	Soldadura MIG/MAG	4	09:00-18:00	88,4	80,4	87,2	5,5	85,0	59,2	60,2	3M	1440
					Soldar Resistência a Ponto			93,3	85,3	115,7	0,5		55,7			
					Serragem de Postes 2			93,8	85,8	118,5	0,5		63,2			
					Furação no Engenho 2			88,8	80,8	103,2	0,5		55,2			
					Esmerilagem			97,3	89,3	114,1	0,5		61,6			
					Rebarbagem/Retificação			101,3	93,3	119,7	0,5		65,5			
15	38	23-09-2002	12	Adjunto Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
16	48	10-10-2002	12	Coordenador de Produção	Gabinete de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	2,0	84,2	62,6	71,0	EAR	Ultra Fit
					Fabrico de Painéis 1			94,8	86,8	110,1	2,0		72,2			
					Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	2,0		72,4			
					Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
					Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
					Furação e Rebitagem			85,1	77,1	106,5	0,5		69,5			
					Lacagem	2		87,9	79,9	111,4	0,5		63,8			

Tabela 28 - Exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular (trabalhadores 1 a 16)

(Fonte: Autor)

A Tabela 29, por razões de melhor visualização, apresenta os dados correspondentes aos campos essenciais dos restantes 24 trabalhadores, num total de 40.

#	IDADE	ADMISSÃO	ANOS	PROFISSÃO/CATEGORIA	ATIVIDADE	NAVE	HORÁRIO	LW dB(A)	LAeq,Tk dB(A)	LCpico dB(C)	TEMPO (horas)	LEX, 8h dB(A)	LAeq,Tk, efect dB(A)	LEX,8h, efect dB(A)	PROTETOR AURICULAR RECOMENDADO	
17	41	02-12-2002	12	Operador de Máquinas	Lacagem	2	06:00-14:00	111,4	79,9	111,4	4,0	80,2	63,8	65,2	EAR	Ultra Fit
					Embalagem			86,9	78,9	85,9	3,0		65,4			
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
18	67	12-05-2003	12	Trabalhadora de Limpeza	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	4,0	77,5	57,8	63,1	EAR	Ultra Fit
					Embalagem	2		86,9	78,9	85,9	1,5		65,4			
					Gabinete de Produção			62,6	62,6	73,7	1,0		62,6			
					Serragem de Postes 1	3		89,7	81,7	116,0	1,0		64,6			
					Serragem de Postes 2	4		93,8	85,8	118,5	0,5		69,0			
19	54	01-08-2003	12	Auxiliar de Serviços	Serragem de Postes 1	3	09:00-18:00	89,7	81,7	116,0	3,5	82,3	64,6	67,3	EAR	Ultra Fit
					Furação e Rebitagem			91,4	83,4	106,5	3,5		69,5			
					Furação no Engenho 1			90,6	82,6	105,1	0,5		64,6			
					Gabinete de Produção	2		62,6	62,6	73,7	0,5		62,6			
20	52	02-02-2004	11	Assistente Logística Internacional	Embalagem	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
21	52	08-03-2004	11	Técnico Oficial de Contas	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
22	57	06-10-2009	5	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
23	46	01-08-2002	13	Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
24	43	01-09-2002	12	Adjunta Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
25	30	17-05-2004	11	Operador de Maquinas	Fabrico de Painéis 2	2	14:00-22:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
26	43	24-05-2004	11	Assistente Logística Internacional	Embalagem	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
27	42	16-08-2010	4	Adjunto Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
28	31	14-06-2004	11	Operador de Máquinas	Endireitar e Cortar Arame	3	06:00-14:00	97,1	89,1	112,2	4,0	86,5	76,8	73,9	EAR	Ultra Fit
					Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	3,0		58,4			
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
29	33	02-12-2004	10	Assistente de Produção	Gabinete de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	4,0	82,4	62,6	60,2	EAR	Ultra Fit
					Fabrico de Painéis 1			94,8	86,8	110,1	1,0		72,2			
					Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	1,0		72,4			
					Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
					Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
					Furação e Rebitagem			91,4	83,4	106,5	0,5		69,5			
					Lacagem	2		87,9	79,9	111,4	0,5		63,8			
30	31	02-01-2006	9	Operador de Estufas	Lacagem	2	14:00-22:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
31	26	05-04-2006	9	Operador de Estufas	Embalagem	2	09:00-18:00	86,9	78,9	85,9	7,0	79,8	65,4	65,9	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
32	27	15-05-2006	9	Operador de Estufas	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
33	40	05-12-2006	8	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
34	56	09-01-2007	8	Auxiliar de Serviços	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
35	42	21-01-2008	7	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
36	35	23-01-2008	7	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
37	32	15-06-2009	6	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
38	27	03-08-2009	6	Auxiliar de Serviços	Fabrico de Painéis 3	3	09:00-18:00	84,0	76,0	114,9	8,0	76,0	58,4	58,4	EAR	Ultra Fit
39	36	19-08-2009	5	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit
40	30	14-03-2011	4	Auxiliar de Serviços	Lacagem	2	09:00-18:00	87,9	79,9	111,4	7,0	81,1	63,8	64,3	EAR	Ultra Fit
					Polimento Mecânico			93,5	85,5	110,3	1,0		66,8			

Tabela 29 - Exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular (Trabalhadores 17 a 40)

(Fonte: Autor)

A Tabela 30, enquanto parte da Tabela 28, representando os dados correspondentes aos primeiros dez trabalhadores, pretende, de uma forma fácil através da utilização de cores alusivas, evidenciar as diferentes situações de exposição pessoal diária ao ruído, em especial as mais preocupantes identificadas com as cores de fundo para os valores de $L_{Ex,8h}$ "vermelho – iguais ou acima de 87 dB(A)", "laranja – iguais ou acima de 85 dB(A) e abaixo de 87 dB(A)" e "amarelo - iguais ou acima de 80 dB(A) e abaixo de 85 dB(A).

#	IDADE	ADMISSÃO	ANOS	PROFISSÃO/CATEGORIA	ATIVIDADE	NAVE	HORÁRIO	LW dB(A)	LAeq,Tk dB(A)	Lpico dB(C)	TEMPO (horas)	LEX, 8h dB(A)	LAeq,Tk, efect dB(A)	LEX,8h, efect dB(A)	PROTETOR AURICULAR RECOMENDADO	
1	49	01-07-1988	27	Chefe de Secção	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
2	45	01-08-1993	22	Motorista	Escritório Estabelecimento	1	09:00-18:00	64,5	64,5	73,1	8,0	64,5	64,5	64,5	Não	Aplicável
3	51	01-01-1994	21	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 1	2	14:00-22:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
4	42	01-04-1996	19	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Rede Elástica	1	09:00-18:00	97,5	89,5	108,5	6,0	88,9	71,4	71,1	3M	1440
					Compressor			92,1	84,1	97,8	0,5		63,7			
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	0,5		68,1			
					Escritório Estabelecimento			64,5	64,5	73,1	1,0		73,1			
5	39	01-03-1998	17	Sócio Gerente	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
6	43	01-02-2000	15	Assistente Administrativa	Escritórios Sede	6	09:00-18:00	57,8	57,8	73,4	8,0	57,8	57,8	57,8	Não	Aplicável
7	36	01-03-2002	13	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 1	2	06:00-14:00	94,8	86,8	110,1	7,0	86,5	72,2	71,8	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
8	37	02-03-2002	13	Operador de Máquinas Qualificado	Fabrico de Painéis 2	2	06:00-14:00	93,0	85,0	110,3	7,0	84,8	72,4	72,1	EAR	Ultra Fit
					Empilhamento			91,4	83,4	105,8	1,0		68,1			
9	41	01-08-2001	14	Sócio Gerente	Direção de Produção	2	09:00-18:00	62,6	62,6	73,7	6,0	80,2	62,6	68,1	EAR	Ultra Fit
					Endireitar e Cortar Arame	3		97,1	89,1	112,2	0,5		76,8			
					Fabrico de Painéis 3			84,0	76,0	114,9	0,5		58,4			
					Fabrico de Painéis 1	2		94,8	86,8	110,1	0,5		72,2			
					Fabrico de Painéis 2			93,0	85,0	110,3	0,5		72,4			
10	37	01-10-2003	11	Operador de Estufas	Lacagem	2	06:00-14:00	87,9	79,9	111,4	8,0	79,9	63,8	63,8	EAR	Ultra Fit

Tabela 30 - Exposição pessoal diária ao ruido e proteção auricular (trabalhadores 1 a 8)

(Fonte: Autor)

Efetuando uma análise pormenorizada, pode verificar-se que, por exemplo, os dados relativos ao trabalhador n.º 4 indicam um valor de exposição diária (jornada de 8 horas) $L_{Ex,8h}$ = 88,9 dB(A), assinalado a "vermelho" e resultante de um contributo de $L_{Aeq,Tk}$ = 89,5 dB(A) obtido pela sua exposição ao ruído durante um período de 6 horas junto à máquina de Fabrico de Rede Elástica existente na Nave 1, na sua qualidade de Operador de Máquinas Qualificado, apenas atenuado pelo seu trabalho de meia hora tanto na área envolvente do Compressor como do mesmo tempo em atividades com o Empilhador, e pela sua presença média de 1 hora no Escritório do Estabelecimento.

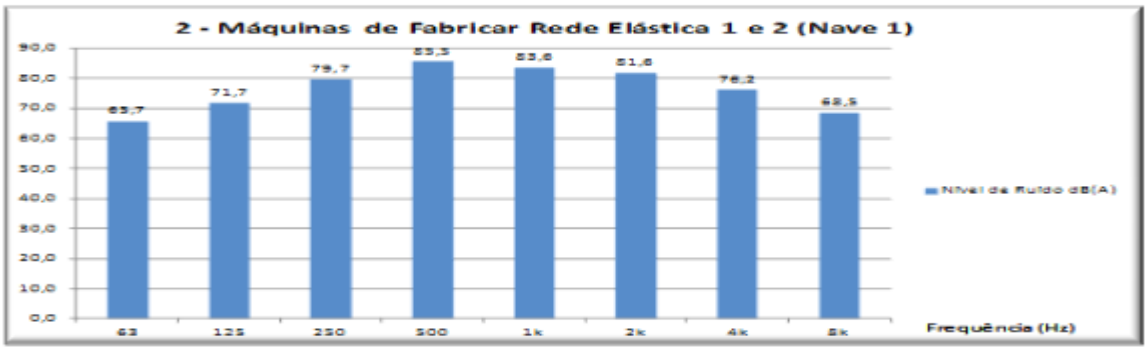
Por observação direta do processo industrial, podemos identificar zonas de trabalho e categorias de trabalhadores (espelhada nos campos "Atividade" e "Profissão/Categoria") da Tabela 30 com níveis de exposição muito diferentes. As medições efetuadas nos locais de trabalho permitem assim estimar o ruído e a exposição ocupacional. A dose total de ruído a que cada trabalhador estará exposto, irá portanto variar muito em função da permanência nos seus locais de trabalho, do tempo de permanência em cada local, do tipo de trabalho a realizar, das máquinas que utilizar para o efeito e das proteções individuais que usar.

4.4 Seleção dos Protetores Auditivos

A seleção dos protetores auditivos/auriculares, como medida de ação preventiva, encontra-se definida no campo “Protetor Auricular Recomendado” da Tabela 30, resultando de uma análise detalhada sobre o registo das medições dos níveis de ruído em dB(A), Quadro 92, Quadro 93, Quadro 94, Quadro 95, Quadro 96, Quadro 97, Quadro 98, Quadro 99, Quadro 100, Quadro 101, Quadro 102, Quadro 103, Quadro 104, Quadro 105, Quadro 106, Quadro 107 e Quadro 108, realizadas junto de cada posto de trabalho, em cada banda de oitava (63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k e 8k) Hz.

Tomando novamente como exemplo o trabalhador n.º 4, podemos verificar que os valores $L_{Aeq,Tk}$ = 89,5 dB(A) e $L_{Aeq,Tk,efect}$ = 71,4 dB(A) constantes na Tabela 30 e alimentados automaticamente a partir dos campos sob o mesmo título na Tabela 31 onde se procede, em primeira instância, à análise espectral e à seleção dos protetores auditivos a usar pelos trabalhadores junto das Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2, servem precisamente como base de cálculo para se encontrarem os protetores auditivos mais adequados em função da sua resposta em frequência por cada banda de oitava.

Análise Espectral do Ruído e Seleção de Protetores Auditivos



NAVE 1	2 - Máquinas de Fabricar Rede Elástica 1 e 2							
	Frequência (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Nível de Ruído dB(A)	65,7	71,7	79,7	85,5	83,6	81,6	76,2	68,5
	$L_{Aeq,Tk}$ dB(A)	89,5							
	L_{Cpico} dB(C)	108,5							
	L_W dB(A)	97,5							
	$L_{Wfactory}$ dB(A)	88,9							
EAR ULTRA FIT	Atenuação Média dB	26,3	27,7	26,4	28,2	26,3	31,2	36,2	40,2
	Desvio Padrão (x2) dB	12,8	15,8	16,4	15,2	11,2	11,0	15,0	11,8
	L_n dB(A)	52,2	59,8	69,7	72,5	68,5	61,4	55,0	40,1
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	75,7							
3M 1440	Atenuação Média dB	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
	Desvio Padrão (x2) dB	7,8	6,4	4,4	5,4	6,2	4,6	5,4	7,4
	L_n dB(A)	59,8	66,9	65,0	65,2	60,8	54,2	44,8	36,9
	$L_{Aeq,Tk,efect}$ dB(A)	71,4							

Tabela 31 – Análise espectral e seleção de protetores auditivos – máquinas de fabricar rede elástica

(Fonte: Autor)

Em concreto, constata-se que com o protetor auditivo “3M 1440” consegue-se uma atenuação média global superior à apresentada pelo “Ear Ultrafit” resultando, através dos valores $L_{Aeq,Tk,efect}$, numa diferença de 4,3 dB(A) = 75,7 dB(A) - 71,4 dB(A), o que conduz à escolha do primeiro a registar no campo “Protetor Auricular Recomendado” da Tabela 30.

4.5 Monitorização e Análise do Ruído

O sistema de análise de ruído proposto neste estudo, consiste numa primeira componente composta de *hardware* e *software* descrita no Capítulo 3.5.1 - Sistema de aquisição e registo de sinais sonoros, e numa segunda componente de *software* descrita no Capítulo 3.5.2 - Tratamento de sinais sonoros e análise do ruído, que tem por objetivo a produção de informação gráfica sobre o ruído em dois formatos distintos, conforme diagrama de blocos do modelo conceptual informático ilustrado na Figura 280.

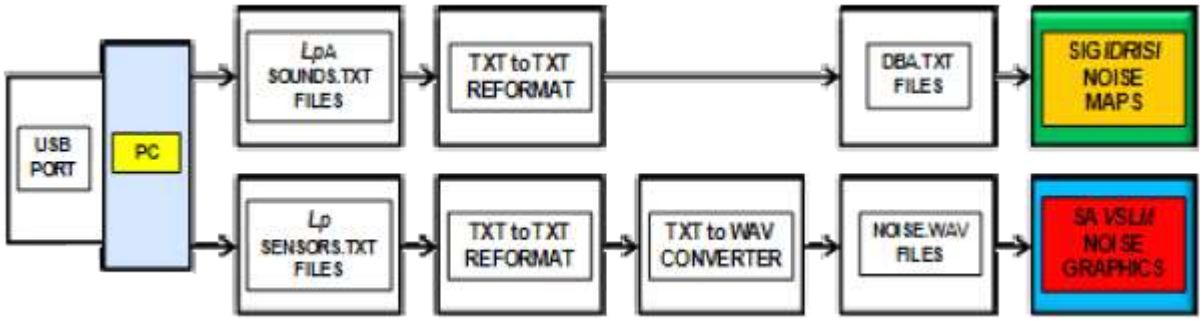


Figura 280 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de sinais sonoros e análise do ruído

(Fonte: Autor)

No fluxo superior a produção de Mapas e Gráficos de Ruído por recurso ao SIG *IDRISI Kilimanjaro*, a partir de níveis de pressão sonora filtrados com ponderação "A" registados pelo programa "*EasyLogger Dual DS1M12"*, e no fluxo inferior a produção de Gráficos pelo programa *VSLM (Virtual Sound Level Meter)* para Análise Espectral, a partir de níveis de pressão sonora sem filtragem.

Mapas de ruído – SIG *IDRISI Kilimanjaro*:

Relativamente à primeira componente (fluxo superior do diagrama de blocos), descrita no Capítulo 3.5.2.1 - Mapas de Ruído - SIG *IDRISI Kilimanjaro*, ilustram-se seguidamente exemplos, Figura 281, Tabela 32, Figura 282, Figura 283, Figura 284, Figura 285 e Figura 286, possíveis de produzir informação gráfica para apoio à gestão e controlo do ruído.

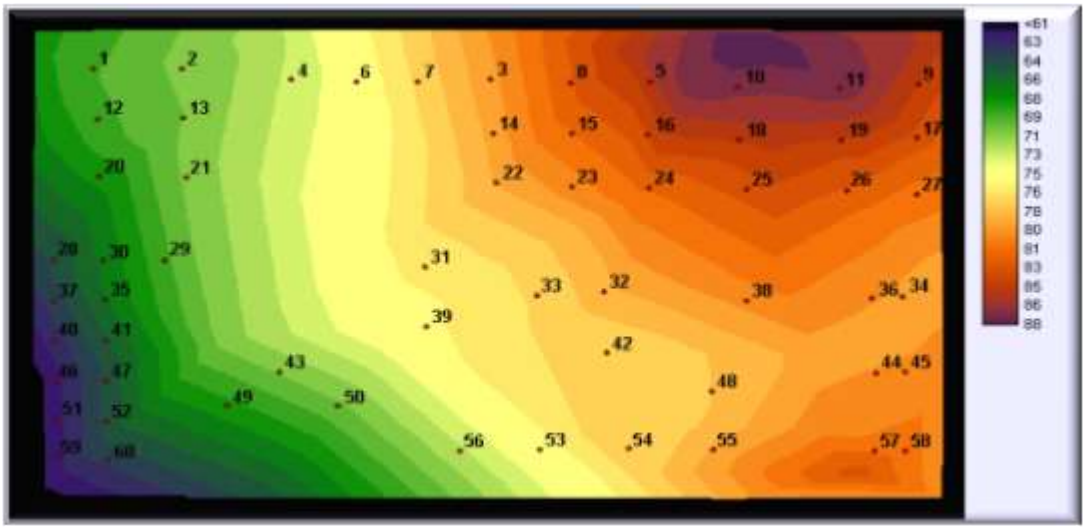


Figura 281 – Exemplo de localização dos trabalhadores num mapa de ruído

(Fonte: Autor)

Ilustra-se na Figura 282 um exemplo de distribuição de trabalhadores em quatro zonas/patamares de ruído, em dB(A), de acordo com as classificações legais indicadas na Tabela 32, na qual também se visualiza, a quantidade de trabalhadores expostos ao ruído.

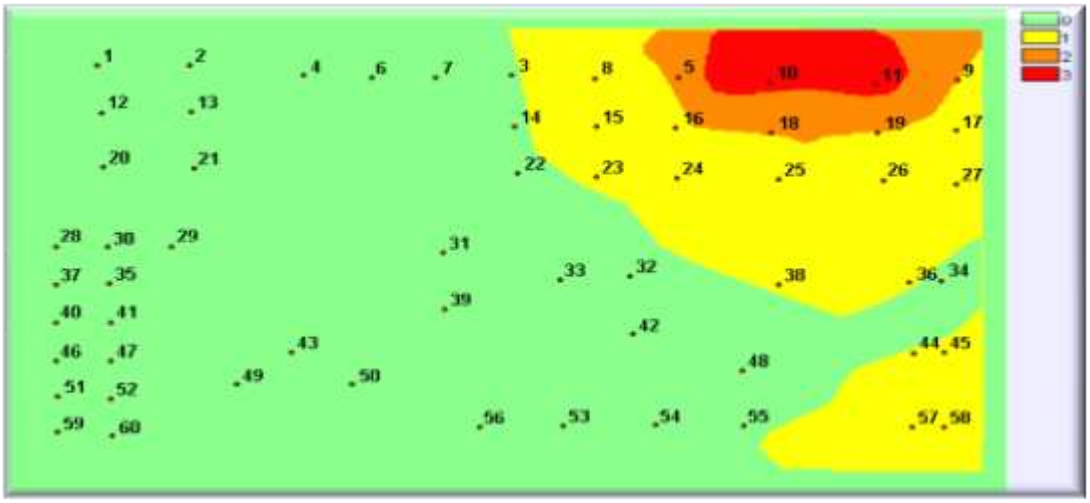


Figura 282 – Exemplo de distribuição de trabalhadores nas zonas de ruído

(Fonte: Autor)

Nível de Ruído	Nº de Trabalhadores expostos
0 - inferior a 80 dB(A)	39
1 - entre 80 e 85 dB(A)	17
2 - entre 85 e 87 dB(A)	2
3 - igual ou acima de 87 dB(A)	2

Tabela 32 – Exemplo de relatório com número de trabalhadores afetados pelo ruído

(Fonte: Autor)

A Figura 283 representa um exemplo de gráfico com o número de trabalhadores sujeitos a cada nível de ruído, em dB(A), obtido a partir do mapa de ruído ilustrado na Figura 281.

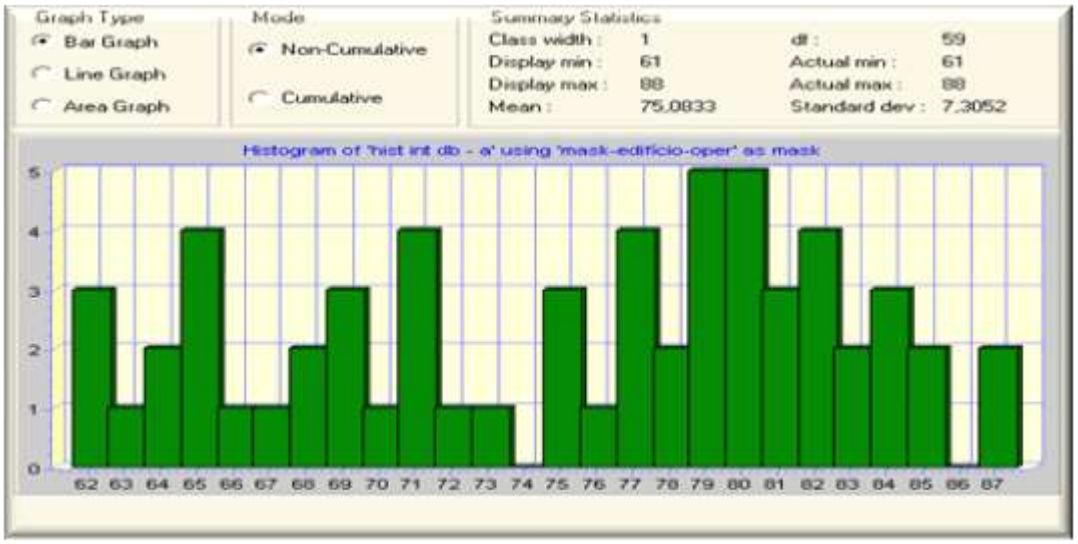


Figura 283 – Exemplo de gráfico com o número de trabalhadores sujeitos a níveis de ruído - dB(A)

(Fonte: Autor)

Na Figura 284 ilustra-se um exemplo de mapa de ruído que identifica, em cada posto de trabalho, a quantidade de horas a que cada trabalhador afeto a esse posto de trabalho fica exposto ao ruído, em dB(A). Pode visualizar-se que existem trabalhadores expostos a níveis de ruído muito elevados durante muito tempo, enquanto outros se encontram expostos a níveis muito baixos de ruído durante muito pouco tempo, o que se constitui como informação de grande utilidade, tanto para efeitos de atuação em termos de proteção coletiva recorrendo a medidas construtivas de engenharia, como para efeitos de proteção individual através de adoção de medidas organizacionais, como é o caso da rotatividade dos trabalhadores pelos diferentes postos de trabalho, procedimento acompanhado de formação específica, em caso de necessidade.

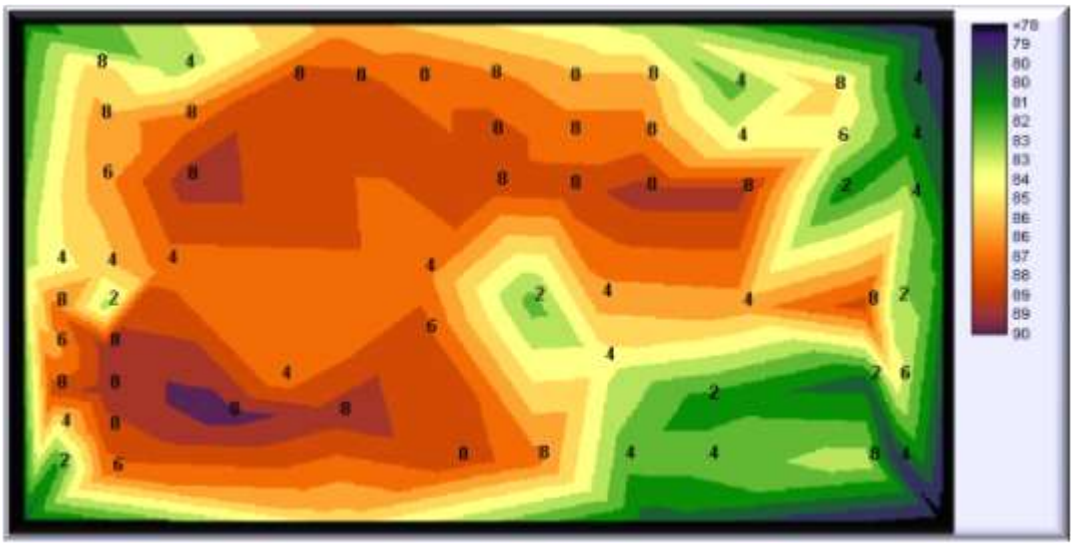


Figura 284 – Exemplo de mapa com o tempo (horas) de exposição dos trabalhadores ao ruído

(Fonte: Autor)

Na Figura 285 ilustra-se um exemplo de visualização do nível a que cada trabalhador no seu posto de trabalho se encontra exposto ao ruído, em dB(A), durante uma jornada de trabalho de 8 horas, no interior da nave industrial.

Figura 285 – Exemplo de exposição pessoal de cada trabalhador ao ruído - dB(A)

(Fonte: Autor)

A Figura 286 representa um exemplo de um histograma que identifica a quantidade de trabalhadores expostos diariamente a cada nível de ruído, em dB(A), obtido a partir do mapa de ruído ilustrado na Figura 285, verificando-se uma grande concentração de trabalhadores em níveis de ruído com valores iguais ou acima do valor limite legal de 87 dB(A).

Figura 286 – Exemplo de histograma da exposição pessoal dos trabalhadores ao ruído - dB(A)

(Fonte: Autor)

Análise espectral – *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*:

Relativamente à segunda componente (fluxo inferior do diagrama de blocos), descrita no Capítulo 3.5.2.2 - Análise Espectral – *VSLM (Virtual Sound Level Meter)*, ilustram-se seguidamente alguns exemplos, Figura 287, Figura 288, Figura 289, Figura 290, Figura 291, Figura 292, Figura 293, Figura 294, Figura 295 e Figura 296, possíveis de produzir informação gráfica para apoio à gestão e controlo do ruído, a partir de uma gravação, em formato "WAV", de uma emissão sonora produzida por um motor monofásico de um equipamento de aspiração.

O *software VSLM* utilize filtros digitais para similar a resposta no tempo e na frequência de um nível sonoro não integrado e medido em concordância com a norma *ANSI S1.4-1983*[91].

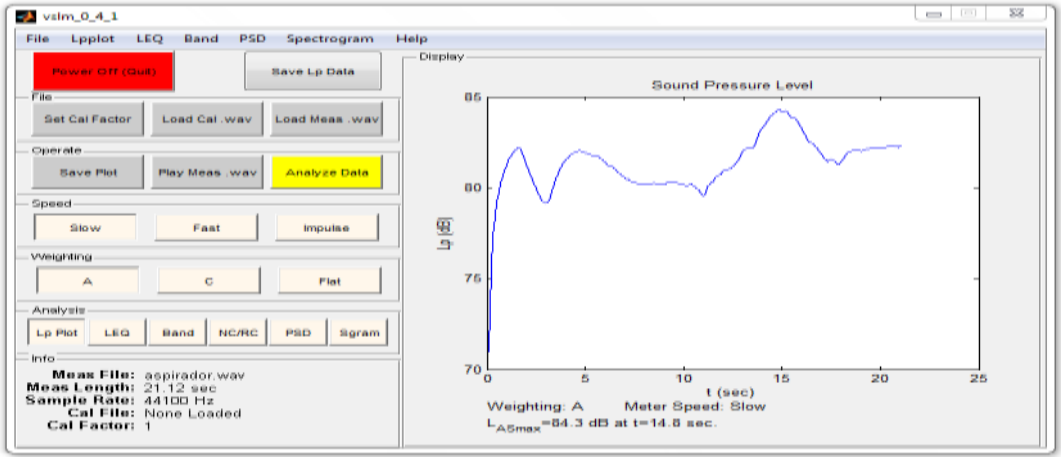


Figura 287 – Análise *VSLM – Lp Plot* (ponderação "A" e medição *Slow*)

(Fonte: Autor)

[91] *ANSI, S1.4-1983 (R2006) - American National Standard Specification for Sound Level Meters: American National Standards Institute, 1983.*

A Figura 287 ilustra o exemplo do comportamento de um sinal sem filtragem com a duração de 21,12 s, cuja representação gráfica resulta de uma razão de amostragem a 44,1 kHz, ao qual foi aplicado um filtro com ponderação “A” em modo de velocidade de medição lenta “Slow”, permitindo assim análise do Nível de Pressão Sonora do sinal na opção de “**Lp Plot**”, registando-se neste caso um valor máximo de 84,3 dB(A) aos 14,8 s.

Alterando o modo de leitura das medições para uma velocidade rápida “Fast” sobre o mesmo sinal, Figura 288, consegue-se uma visualização mais pormenorizada do seu comportamento, onde se verifica agora que o registo do valor máximo do Nível de Pressão Sonora atingiu 85,1 dB(A) aos 14,4 s, representando assim uma maior definição no valor «mais elevado em 0,8 dB(A)» e no tempo em que o mesmo ocorreu «800 ms mais cedo».

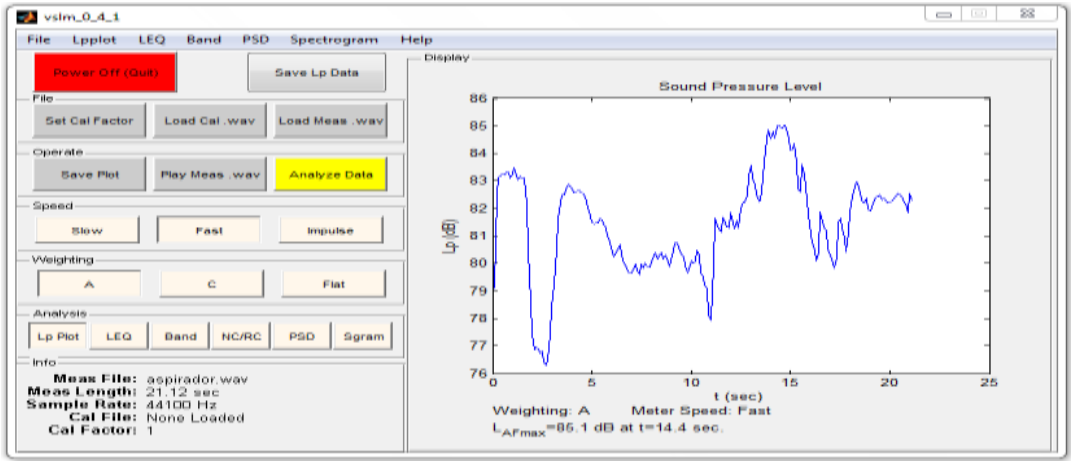


Figura 288 – Análise *VSLM – Lp Plot* (ponderação “A” e medição *Fast*)

(Fonte: Autor)

Alterando ainda o modo de leitura das medições para uma velocidade ultra rápida “Impulse” sobre o mesmo sinal, mas agora com a aplicação de um filtro de ponderação “C”, Figura 289, consegue-se uma visualização muito apurada do seu comportamento, onde se verifica que o registo do valor máximo do Nível de Pressão Sonora atingiu 91,9 dB(C) aos 20,5 s, representando assim a forma mais adequada para medição de valores de pico, através de uma maior definição da realidade verificando-se a ocorrência de um valor ainda mais elevado e 6,1 s mais tarde no tempo do que no exemplo anterior.

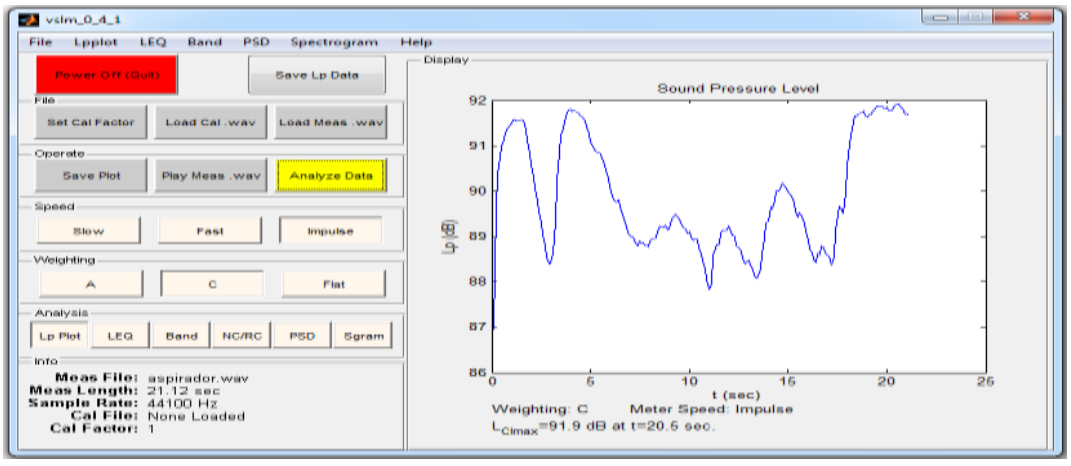


Figura 289 – Análise *VSLM – Lp Plot* (ponderação “C” e medição *Impulse*)

(Fonte: Autor)

A Figura 290 ilustra o exemplo do comportamento do mesmo sinal sem filtragem com a duração de 21,12 s, cuja representação gráfica resulta de uma razão de amostragem a 44,1 kHz, ao qual foi aplicado um filtro com ponderação “A” em modo de velocidade de medição lenta “Slow”, permitindo agora uma análise do Nível de Pressão Sonora Equivalente do sinal na opção de “**LEQ** com uma precisão de 100 ms” parametrizado com “Exchange Rate = 5 dB”, “Criterion Level = 87 dB” e “Thresold Level = 80 dB”, registando-se neste caso um valor médio global de 81,8 dB(A), um valor mínimo de 76,1 dB(A) e um valor máximo de 85,4 dB(A), podendo ainda visualizar-se os valores para os diferentes percentis, desde “L_{A10} = 83,6 dB(A)” até “L_{A90} = 79,4 dB(A)”, e também “L_{TWA} = 51,8 dB(A)” e «Noise Dose “D” = 0».

A Análise “LEQ - Nível de Pressão Sonora Equivalente” é usada sobre o ficheiro “.WAV”, simulando um medidor integrador de nível sonoro, de acordo com a norma *ANSI S1.43*[92].

Se a ponderação “A” é selecionada, a Dose de Ruído “D”, e o Nível de Ruído Equivalente Ponderado no Tempo “L_{TWA}”, são calculados conforme descrito na norma *ANSI S12.19*[93].

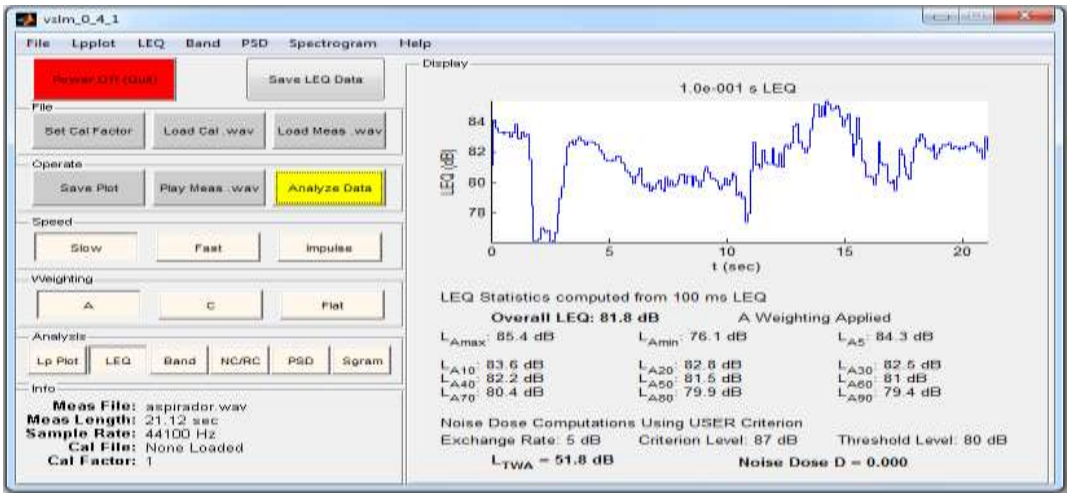


Figura 290 – Análise *VSLM – Leq* (ponderação “A” e medição *Slow*)

(Fonte: Autor)

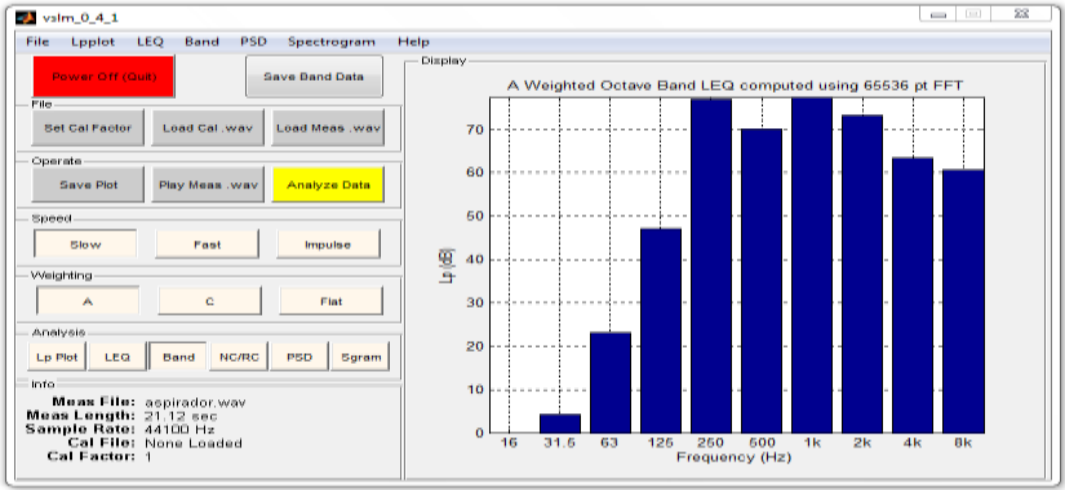


Figura 291 – Análise *VSLM – Band* (ponderação “A”, medição *Slow* e bandas de oitava)

(Fonte: Autor)

[92] *ANSI S1.43-1997 - Specifications for Integrating-Averaging Sound Level Meters.*
[93] *ANSI S12.19-1996 - American National Standard Measurement of Occupational Noise Exposure.*

A Figura 291 ilustra o exemplo do comportamento do mesmo sinal sem filtragem com a duração de 21,12 s, cuja representação gráfica resulta de uma razão de amostragem a 44,1 kHz, ao qual foi aplicado um filtro com ponderação “A” em modo de velocidade de medição lenta “Slow”, permitindo agora uma análise do sinal por Bandas de Oitava na opção de “**Band**” recorrendo a processos de cálculo através da Transformada Rápida de Fourier “*FFT - Fast Fourier Transform*”, conseguindo-se assim visualizar o Nível de Pressão Sonora presente em cada Banda de Oitava, onde, neste caso em concreto, se verifica que os maiores níveis de ruído têm origem nas bandas de oitava de 250 Hz e 1 kHz com aproximadamente 78 dB(A), seguidas das bandas de oitava de 2 kHz com cerca de 73 dB(A) e de 500 Hz com cerca de 70 dB(A).

Configurando o modo de análise para 1/3 de Banda de Oitava, sobre o mesmo sinal, Figura 292, consegue-se uma visualização mais pormenorizada do seu comportamento, onde se verifica agora que o nível e pressão sonora mais elevado, registado anteriormente, de 78 dB(A) não têm origem centrada a 250 Hz mas sim na sua terça de oitava superior (adjacente à direita), tal como se verifica que a frequência central de 1 kHz se encontra agora associada a um nível de pressão sonora aproximado de 76 dB(A) registando-se que as terças de oitava a si adjacentes (inferior e superior) contribuem com níveis de pressão sonora aproximados de 68 dB(A) e 69 dB(A), respetivamente.

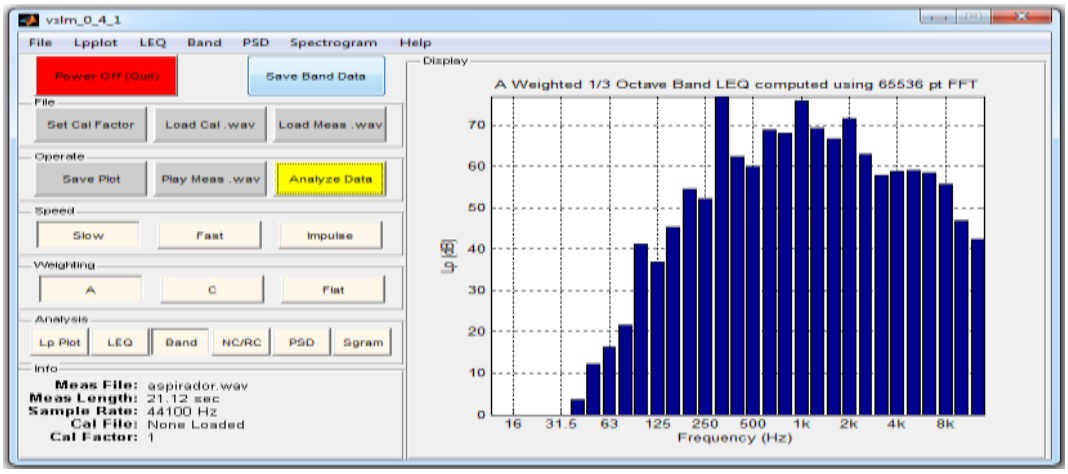


Figura 292 – Análise *VSLM – Band* (ponderação “A”, medição *Slow* e 1/3 de bandas de oitava)

(Fonte: Autor)

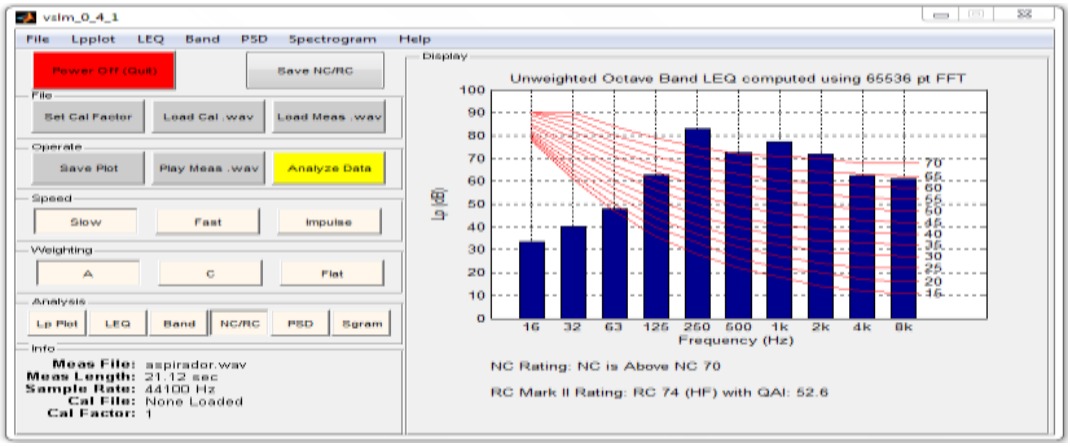


Figura 293 – Análise *VSLM – NC/RC* (cálculo *FFT* de *Leq* em bandas de oitava e ponderação “A”)

(Fonte: Autor)

A Figura 293 representa o modo de Análise “**NC/RC** – Curvas de Conforto Ambiental” utilizado para calcular as classificações obtidas com as curvas “Noise Criterion (NC)” e “Room Criterion (RC)” sobre os níveis de pressão sonora sem filtragem “LEQ” em dB (calculados usando o método “FFT”), por banda de oitava no espectro de frequências.

As classificações “NC” são calculadas recorrendo ao método “NC” descrito na norma *ANSI S12.2-2008*[94].

As curvas “NC” foram alargadas às baixas frequências, tendo sido adicionada ao método uma avaliação do nível de interferências na conversação “*Speech Interference Level* (*SIL*)” sobre o espectro de frequências.

As classificações “RC Mark II” fazem recurso ao método descrito no Livro “*ASHRAE 2007 HVAC Applications Handbook*” e no Artigo de *Warren Blazier* publicado no “*Noise Control Engineering Journal*”(188).

A Figura 294 representa o modo de Análise “**PSD** *(Power Spectral Density)* – Densidade de Potência Espectral” utilizado sobre toda a potência espectral recorrendo a veriação do método “*Welch Modified Periodogram*”[95].

O ficheiro com os valores das medições é dividido em segmentos com aproximadamente 1,7 milhões de amostras. Para cada segmento é calculado o “*Welch Modified Periodogram*”.

Obtêm-se então os valores médios dos períodogramas em cada frequência, resultando na Densidade Espetral de Potência “PSD” para o ficheiro completo de medições.

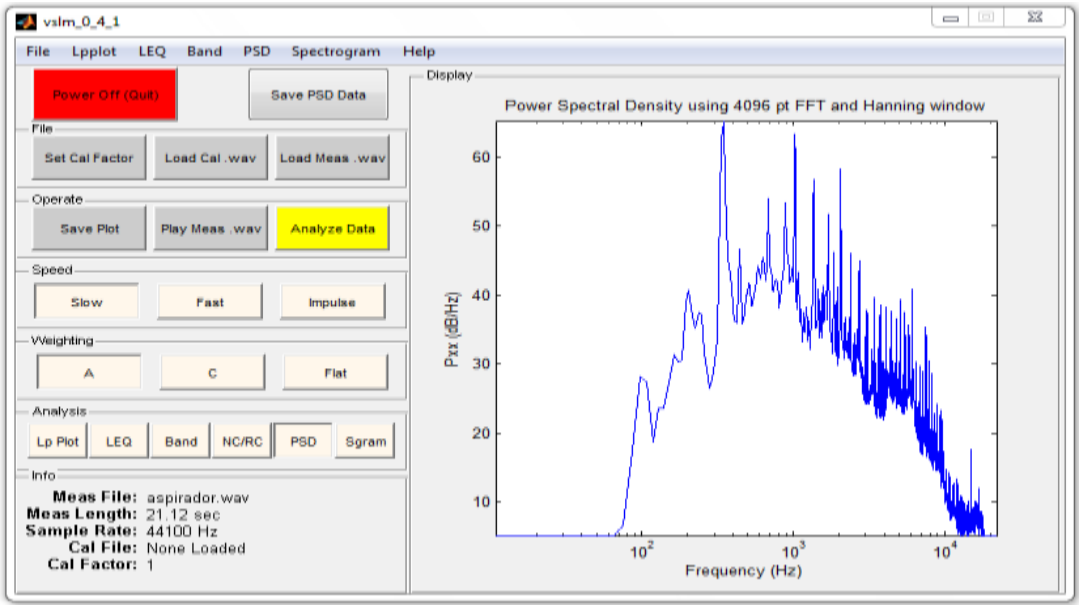


Figura 294 – Análise *VSLM – PSD* (densidade de potência espetral usando 4096 pt *FFT* com resolução constante e ponderação “A”)

(Fonte: Autor)

[94] *S12.2-2008 - Criteria for Evaluating Room Noise.*
[95] O método de *Welch* é uma otimização do método padrão para estimativa do periodograma espectral e do método de *Bartlett*, na medida em que reduz o ruído no espetro estimado de potência em alternativa à redução da resolução da frequência. Devido ao Ruído causado pelos valores finitos e imperfeitos, a redução do ruído através do método de *Welch* é muitas vezes desejado.

A Figura 295 representa o modo de Análise “**Sgram** *(Spectrogam)* – Espectrograma”, dividindo o ficheiro com os valores das medições em pequenos segmentos de tamanhos selecionáveis, aplicando o método “*Welch Modified Periodogram*” em cada segmento.

O ficheiro com os valores das medições é dividido em segmentos com aproximadamente 1,7 milhões de amostras. Para cada segmento é calculado o “*Welch Modified Periodogram*”. Obtêm-se então os valores médios dos períodogramas em cada frequência, resultando na Densidade Espetral de Potência “PSD” para o ficheiro completo de medições.

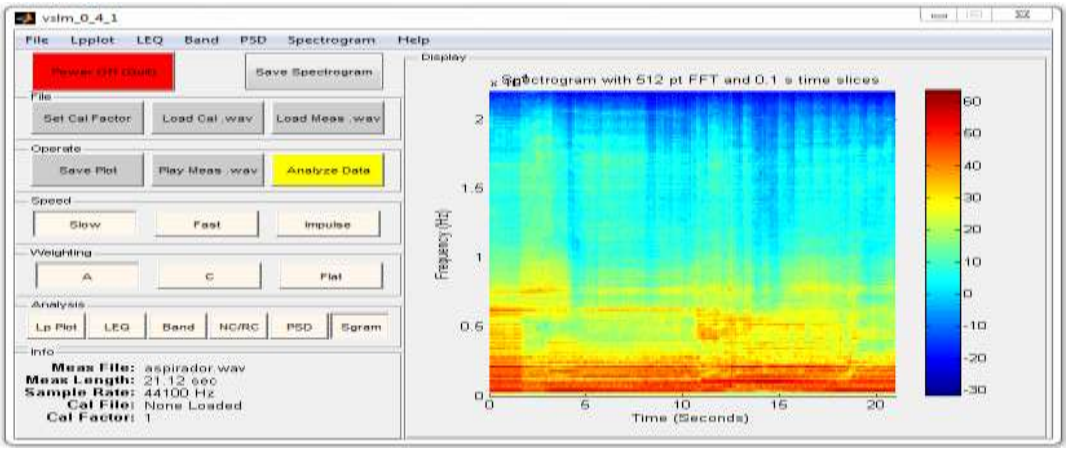


Figura 295 – Análise *VSLM – Sgram* (espectrograma com 512 pt *FFT*, intervalos de tempo de 0,1 s e ponderação “A”)

(Fonte: Autor)

A Figura 296, por escolha da opção “View → 3D”, ilustra o resultado da Análise “**Sgram** *(Spectrogam)* – Espectrograma” ”, ainda com a potencialidade de configuração por opções disponíveis na barra horizontal superior da janela principal, em “Speed” para as medições (“Slow”, “Fast” e “Impulse”) e/ou em “Weigthing” da curva de ponderação (“A, “C” e “Flat”), representando uma figura a três dimensões, onde a amplitude do nível de pressão sonora (dB(A)) é codificado em altura e em variação de cor, sobre o plano a duas dimensões para os valores de frequência (Hz) e do tempo (s).

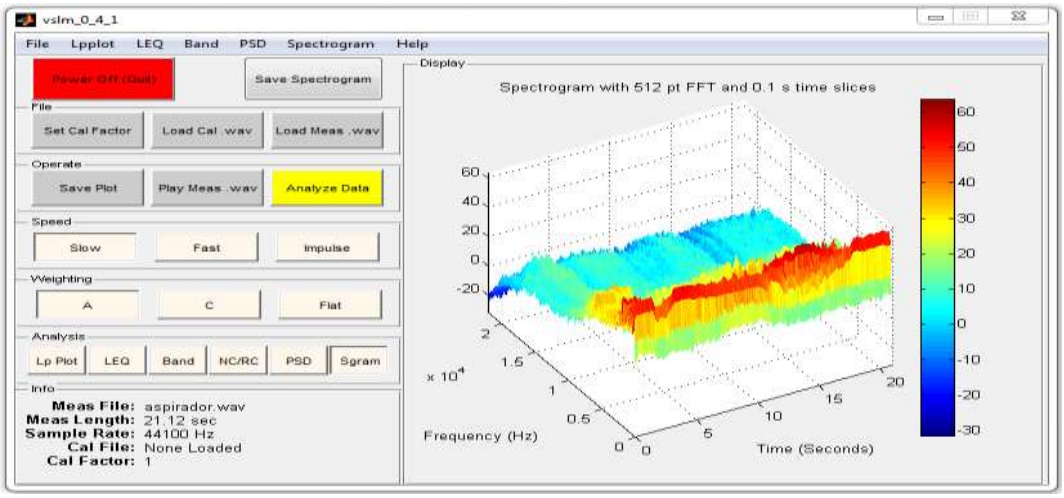


Figura 296 – Análise *VSLM – Sgram* (espectrograma tridimensional com 512 pt *FFT*, intervalos de tempo de 0,1 s e ponderação “A”)

(Fonte: Autor)

4.6 Ações a Implementar

Utilizando como base de referência as definições e os tópicos de orientação elencados no Capítulo 3.4 - Medidas de Controlo, Prevenção e Proteção, e naturalmente a resultante analítica decorrente das medições efetuadas, realizada no Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS, identificam-se seguidamente as ações mais importantes de implementar nesta unidade fabril em termos de controlo, prevenção e proteção dos trabalhadores quanto à sua exposição ao ruído:

- ✓ **Medidas Organizacionais ou Administrativas**:
  - Adotar uma política de recursos humanos em que, ao nível do recrutamento, o fator de competências acrescidas em matéria de segurança, higiene saúde no trabalho, seja levada em consideração;
  - Privilegiar, sempre que possível, a realização dos trabalhos mais ruidosos em horas em que há um menor número de trabalhadores expostos ao ruído;
  - Dotar os trabalhadores de competências técnico-profissionais polivalentes que lhes permita desempenhar todas as tarefas inerentes ao ciclo produtivo;
  - Em consequência, reformular/otimizar o planeamento de produção, colocando em prática um procedimento escalonamento de rotatividade dos trabalhadores pelos diferentes postos de trabalho, tendo em consideração a exposição ao ruído associada e os níveis de pressão sonora emitidos pelas máquinas.
- ✓ **Medidas Construtivas ou de Engenharia**:
  - Equacionar a possibilidade de investimento no parque de máquinas, através da substituição por máquinas e ferramentas menos ruidosas e com menor potencial de vibrações, nos casos identificados como mais problemáticos;
  - Ter, neste caso, em consideração os benefícios resultantes do seu impacto positivo na saúde dos trabalhadores, no seu grau de absentismo, nos ganhos de eficiência produtiva e na qualidade dos produtos fabricados.
  - Em especial para o equipamento novo ou mais recente, garantir o cumprimento dos planos de manutenção de cada máquina e/ou ferramenta estabelecido pelos fabricantes;
  - Privilegiar e controlar uma prática rigorosa de manutenção preventiva sobre o parque menos recente de máquinas e ferramentas, procurando sempre uma aproximação ao ponto ótimo de mais baixo custo, face às exigências produtivas e aos efeitos indesejáveis de manutenção corretiva imprevista;
  - Ainda no âmbito de uma atuação sobre as fontes produtoras de ruído, utilizar dispositivos de controlo de ruído e das ações vibratórias, e implementar, se possível, algumas medidas associadas a resultados imediatos, designadamente pela via da substituição de máquinas, ferramentas, acessórios e processos mais eficazes e eficientes;
  - Quando o controlo do ruído na fonte não é possível, aplicar medidas que visem controlar o ruído na sua trajetória de propagação, através de isolamento anti-vibrátil, enclausuramento, painéis antirruído e tratamento acústico das superfícies e cabines;

- Aplicar técnicas de engenharia sobre os locais de trabalho, no desenho das instalações e no processo de fabrico, com vista à eliminação de emissões de ruído e, onde tal não for possível, à sua máxima redução.

✓ **Medidas de Proteção Individual**:

- Promover e garantir a utilização pelos trabalhadores dos protetores auditivos identificados como os que maior proteção oferecem em termos de atenuação global à exposição ao ruído, ao longo de toda a jornada de trabalho;
- Com base na informação recolhida sobre as bandas de oitava mais prejudicadas em cada local de trabalho, identificar alternativas de protetores auditivos mais eficientes, tendo sempre presente o imperativo de não comprometerem a audibilidade de sinais sonoros de alarme;
- Atribuir relevância ao conforto sentido pelos trabalhadores com este tipo de proteção individual, uma vez que determinadas características como o peso, a pressão, a textura, a dispersão do calor, a absorção da transpiração, a dificuldade em realizar tarefas, a dificuldade de colocação, a diminuição da inteligibilidade e até o aspeto estético, podem ser um fator determinante para uma menos adequada e assídua utilização.

✓ **Programas de Conservação da Audição**:

- Avaliar e monitorizar o ruído ocupacional, possibilitando uma correta identificação dos trabalhadores com probabilidade de estarem expostos a ruído excessivo, bem como uma atempada atualização das alterações significativas das condições de trabalho, ao nível dos processo e/ou dos equipamentos;
- Acompanhar regularmente os riscos e as medidas de controlo do ruído, tanto no plano interno, como no âmbito de uma correta vigilância médica e sanitária;
- Avaliar e monitorizar a função auditiva dos trabalhadores, em virtude das perdas auditivas não se fazerem notar imediatamente na perceção auditiva do indivíduo mas sim gradualmente, sendo contudo evidenciadas nas audiometrias;
- Formar, consciencializar, informar e participar aos trabalhadores, potenciando a sua atenção e o seu envolvimento permanente numa problemática que, não sendo avivada com frequência, complementando com sinalética estática mas também dinâmica, acaba por se tornar secundária face às exigências e compromissos laborais do dia-a-dia;
- Organizar e arquivar os registos, permitindo o rastreamento de futuras situações de doenças profissionais, bem como o assegurando a devida avaliação e promoção de medidas de controlo do risco ao longo dos anos.

Por forma a proporcionar continuidade ao desenvolvimento aplicacional deste trabalho de investigação, cuja proposta se encontra descrita no Capítulo 4.5 - Monitorização e Análise do Ruído, será de todo interesse garantir a colaboração e envolvimento desta unidade industrial, beneficiando-se mutuamente do histórico acumulado em informação, experiência e conhecimento, como fatores naturalmente enriquecedores da saúde dos trabalhadores, da comunidade científica e também da necessária modernização do setor metalúrgico e metalomecânico.

4.7 Trabalhos Futuros

O trabalho aqui iniciado tem boas condições para ser complementado em trabalhos futuros, onde poderão ser desenvolvidos e aprofundados, entre outros, os seguintes temas:

6) Desenvolver estudos epidemiológicos que incluam os trabalhadores internos e até colaboradores externos profissionalmente expostos ao ruído nesta unidade industrial, com vista a verificar a existência da relação de casualidade entre doenças do sistema auditivo. Sendo os estudos epidemiológicos a principal fonte de conhecimento neste tema, os parâmetros do modelo devem ser facilmente revistos em função de novos conhecimentos que venham a ser desenvolvidos no futuro.
7) Determinar o nível de risco para cada um destes profissionais em função da sua exposição aos níveis de ruído a que estiverem expostos, dos anos de exposição e da sua suscetibilidade individual. Incluir também na avaliação do risco individual a exposição ao ruído fora do âmbito laboral, como por exemplo diagnósticos e tratamentos médicos.
8) Construir o *hardware* para o sistema de aquisição e registo de sinais sonoros proposto, incluindo a potencialidade de geração de alarmística sonora e visual.
9) Continuar o desenvolvimento do sistema de monitorização e análise do ruído proposto, numa vertente evolutiva de *software* criando programas de interface aplicacional e de produção de mapas, gráficos e relatórios de ruído, numa perspetiva assente numa lógica funcional que permita uma gestão centralizada do ruído a partir da recolha de informação oriunda de múltiplos locais, a par da potencialidade de controlo à distância, tanto para parametrizações como para geração alarmística.
10) Construir um Sistema de Informação Geográfica (SIG) a nível do país com a localização e caracterização das atividades onde exista risco significativo de exposição laboral ao ruído. Efetuar um inventário exaustivo de todas indústrias com níveis de ruído significativos e proceder à sua georreferenciação e caracterização em termos do risco para a saúde dos seus trabalhadores, público, populações vizinhas e meio ambiente. Estudar medidas para a prevenção dos riscos associados ao ruído, ao nível do ordenamento do território, e propor medidas de mitigação e proteção das populações contra o ruído.

Necessidades em termos de investigação:

Num sentido lato, a investigação no domínio do ruído e especificamente orientada para determinados setores (serviços de saúde, estabelecimentos de ensino, hotelaria e restauração, transportes e centros de atendimento telefónico), permitiria identificar questões importantes e pertinentes a ter em conta no âmbito da prevenção laboral.

Num sentido estrito e sem prejuízo de outras situações identificáveis, deveriam centrar-se esforços de investigação científica com vista a uma adequada prevenção sobre ruído e vibrações, tanto no âmbito da ocorrência de acidentes de trabalho como do desenvolvimento de doenças profissionais, que relacione:

- ✓ Trabalhadores com deficiência auditiva e interferências com avisos e sinais sonoros;
- ✓ Efeitos combinados com a medicamentação e o manuseio de produtos químicos;
- ✓ Trabalhadoras grávidas e o desenvolvimento dos fetos ao longo da gestação.

5 CONCLUSÕES

Neste estudo foi efetuada uma exaustiva pesquisa bibliográfica centrada em tópicos com o mesmo enquadramento e âmbito de intervenção, designadamente ao nível do impacto ambiental causado pelo ruído gerado na indústria metalúrgica e metalomecânica, do recurso a ferramentas de informação geográfica e do desenvolvimento de sistemas indicadores de ruído, permitindo concluir-se que os resultados obtidos se assemelham em mútua sintonia e que o modelo proposto de sistema para monitorização, análise e controlo do ruído industrial contempla procedimentos e potencialidades que representam complementaridade evolutiva.

Foi igualmente possível concluir que este modelo conceptual possui ainda capacidade para ser facilmente aplicável, com os devidos ajustamentos, a outras atividades onde estejam presentes níveis de ruído consideráveis, podendo também ser utilizado em outras vertentes da segurança e higiene do trabalho, recorrendo a outro tipo de sensores e/ou transdutores em função dos sinais e/ou das condições ambientais a medir, e às necessárias adaptações no *hardware* de interface e no *software* em concordância a respetiva legislação em vigor.

Os estudos epidemiológicos analisados mostram um ligeiro aumento na taxa de incidência de surdez, mesmo para níveis baixos de exposição ao ruído, resultados estes que, associados a situações de maior sensibilidade individual, sugerem a possibilidade de doses baixas de exposição ao ruído poderem induzir danos graves na saúde dos trabalhadores.

Este efeito é fortemente amplificado em trabalhadores fumadores ou quando haja exposição simultânea a outras substâncias inaláveis, sendo neste sentido importante considerar-se a existência de trabalhadores com uma maior sensibilidade ao ruído, bem como os efeitos sinergéticos e acumulativos dos diversos tipos de emissão de ruído presentes no local.

A consulta dos estudos de ruído disponíveis permitiu constatar que o processo fabril é gerador de níveis de pressão sonora bastante elevados, salientando-se a importância de se trabalhar sobre amostras amplas e bem caracterizadas, de forma a eliminarem-se todas as situações que possam introduzir incertezas ao nível da interpretação dos resultados.

Nestas pesquisas foram ainda identificados casos de elevados níveis de ruído na indústria metalúrgica e metalomecânica, nacional e internacional. Estes valores foram confirmados pelas medições realizadas neste trabalho, podendo portanto, por esta semelhança, afirmar-se que o ruído neste tipo de indústria apresenta níveis significativos e bastante variados.

Verifica-se assim a necessidade de ampliar os estudos na área da Saúde do Trabalhador considerando a influência de outros agentes agressores à saúde auditiva, para minimizar ou eliminar tais riscos no ambiente de trabalho. O tempo de atividade na empresa e a história positiva de traumatismo craniano, apesar de apresentarem significância apenas marginal, merecem ser considerados, pois são relevantes no contexto do desenvolvimento da surdez.

A legislação portuguesa, designadamente o Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, indica que qualquer trabalhador que esteja no seu posto de trabalho exposto diariamente a um valor superior ou igual a 80 dB(A), deve ser considerado como trabalhador exposto e aplicar-se-lhe todos os requisitos de vigilância médica, de monitorização dos locais de trabalho e de proteção contra o ruído estipulados na referida legislação.

O modelo proposto para um sistema autónomo para monitorização e controlo de ruído, que foi desenvolvido enquanto projeto aplicado à indústria metalúrgica e metalomecânica, tem contudo a potencialidade de fácil alargamento a outras indústrias, numa lógica processual interativa com um centro de competências de gestão e controlo de ruído à distância.

A simplicidade em concepção, aplicabilidade, modularidade, implementação, escalabilidade e operacionalidade deste sistema, evidencia-se pela sua constituição em duas componentes distintas que se interligam através de uma porta de comunicações *USB*, encontrando-se a primeira no plano externo consistindo no *hardware* dedicado à aquisição parametrizável dos sinais sonoros a recolher nos postos de trabalho selecionados, e a segunda no plano interno consistindo no *hardware* (computador) e no *software* (tanto genérico/comercial, como específico) dedicados ao registo, tratamento e análise dos sinais sonoros com ou sem filtragem ponderada “A”, em função da informação que se pretende obter e tratar.

O processo analítico da informação recolhida apresenta duas valências para apoio à gestão e controlo do ruído, assentando uma delas numa componente mais direcionada para a produção de mapas ilustrando as variações na influência dos níveis de ruído em dB(A), e a outra numa vertente mais detalhada no espectro de frequências, com os níveis de pressão sonora sem filtragem apresentados em bandas de oitava e/ou de 1/3 de oitava, permitindo assim acesso a um procedimento analítico pormenorizado em múltiplas possibilidades.

O trabalho aqui iniciado tem boas condições para ser complementado com novos trabalhos de investigação, recorrendo a estudos epidemiológicos, ao desenvolvimento e otimização de *hardware* e *software* de interface aplicacional *input/output*, e à implementação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) global no país com a localização e caracterização das atividades onde exista risco significativo de exposição laboral ao ruído.

Todos nunca seremos demais para contribuir para um mundo melhor, pelo que sendo assim, trabalhos futuros, talvez usando uma metodologia semelhante, são desejáveis em todo o tipo de atividades onde exista perigosidade para a saúde dos trabalhadores e para o meio ambiente de qual somos parte integrante, deixando-nos o desafio de decidirmos se pretendemos ser destruidores ou defensores desse nosso bem.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pina APBd. Portal de Saúde Pública. [Online].; 2000 [cited 2015 julho 18. Available from: http://www.saudepublica.web.pt/05-PromocaoSaude/051-Educacao/ruido.htm.
2. Estevez JG. Avaliação dos riscos resultantes da exposição ao ruído com recurso a um SIG - Sistema de Informação Geográfica; 2004.
3. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. Uma introdução ao ruído no trabalho. Facts. 2005.
4. Organização Mundial da Saúde. Prevention of noise-induced hearing loss. ; 1997.
5. Universidade de Maastricht. Perda de audição induzida pelo ruído; 1999.
6. Agência Portuguesa do Ambiente. www.apambiente.pt. [Online].; 2015 [cited 2015 julho 18. Available from: http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=86&sub2ref=529.
7. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. O impacto do ruído no trabalho. Facts. 2005.
8. EUROSTAT. Work and health in the EU: a statistical portrait. ; 2010. Report No.: ISBN 978-92-79-14606-0.
9. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. Data to describe the link between OSH and employability. ; 2002. Report No.: ISBN 92-95007-66-2.
10. Mendes AFT. Ruído ocupacional em ambiente industrial; 2011.
11. Miguel ASR. Manual de higiene e segurança do trabalho. 11th ed. Editora P, editor.; 2010.
12. EUROGIP-08-E. Costs and funding of occupational diseases in Europe. ; 2004.
13. Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. O ruído em números. Facts. 2004.
14. EUROFOUND. European survey of working conditions. ; 2010.
15. Fadden DLM. Tinnitus: facts, theories and treatments Press NA, editor. Washington (DC); 1982.
16. Sánchez TG, Ferrari GMdS. O que é zumbido? In Zumbido, avaliação, diagnóstico e reabilitação: abordagens atuais; 2004; São Paulo: Lovise: Alessandra Giannella Samelli. p. 17-22.
17. Jastreboff PJ. Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and

perception. Journal of Neuroscience Research. 1990;: p. 8(4):221-54.

18. Kaltenbach J. The dorsal cochlear nucleus as a participant in the auditory, attentional and emotional components of tinnitus. Hearing Research. 2006;: p. 216-217:224-34.
19. Jastreboff PJ, Hazell JW. A neurophysiological approach to tinnitus: clinical implications. British Journal of Audiology. 1993;: p. 27(1):7-17.
20. Dobie RA. Overview: suffering from tinnitus. In Snow JB, editor. Tinnitus: theory and management; 2004; Lewiston, New York: BC Decker. p. 1-7.
21. Axelsson A, Ringdahl A. Tinnitus: a study of its prevalence and characteristics. British Journal of Audiology. 1989;: p. 23(1):53-62.
22. Tyler RS, Baker LJ. Difficulties experienced by tinnitus sufferers. The Journal of Speech and Hearing Disorders. 1983;: p. 48(2):150-4.
23. Verbeek JH, Kateman E, Morata TC, Dreschler W, Sorgdrager B. Interventions to prevent occupational noise induced hearing loss.: Cochrane Database of Systematic Reviews; 2009.
24. Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M. A doença vibroacústica – revisão de conceitos. Ciências Biomédicas. 2010.
25. Alves-Pereira M. Extra-aural noise-induced pathology. A review and commentary. Aviation, Space and Environmental Medicine. 1999 Mar;(70): p. A7-21.
26. Castelo Branco NAA. The clinical stages of vibroacoustic disease. Aviation, Space and Environmental Medicine. 1999;(70): p. A32-9.
27. Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M. Vibroacoustic disease. Noise & Health. 2004; 6(23): p. 3-20.
28. Castelo Branco NAA, Lopez ER, Alves-Pereira M, Jones DR. Vibroacoustic disease: some forensic aspects. Aviation, Space and Environmental Medicine. 1999; 3(70): p. A145-51.
29. Castelo Branco NAA, Monteiro E, Alves-Pereira M, Águas AP, Pereira AS, Grande NR. Morphological changes in the pericardia of military helicopter pilots. In Proceedings Microscopy; 2001; Barcelona. p. 318-9.
30. Araujo A, Pais F, Lopo Tuna JMC, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Echocardiography in noise-exposed flight crew. In InterNoise; 2001; The Hague, Holland. p. 1007-1.
31. Torres R, Tirado G, Roman A, Ramirez R, Colon H, Araujo A, et al. Vibroacoustic disease induced by long-term exposure to sonic booms. In Internoise; 2001; The Hague, Holland. p. 1095-8.
32. Arnot JW. Vibroacoustic disease I: The personal experience of a motorman. United Kingdom: Institute of Acoustics; 2003.
33. Monteiro MB, Ferreira JR, Mendes CP, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Vibroacoustic disease and respiratory pathology III – Tracheal and bronchial lesions. In Internoise; 2004; Prague, Czech Republic. p. 638-643.
34. Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Infrasound and low frequency noise dose

responses: contributions. Revista Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde. 2009: p. 31-44.

35. Alves-Pereira M. Infrasound and low frequency noise : quantification in several rural and urban environments. Revista Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde. 2010: p. 91-108.
36. Castelo Branco NAA, Rodriguez-Lopez E. Vibroacoustic disease – an emerging pathology. Aviation, Space and Environmental Medicine. 1999: p. A1-6.
37. Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA. Vibroacoustic disease: biological effects of infrasound and low frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling. Progress in Biophysics & Molecular Biology. 2007: p. 256-79.
38. Furster V, Wayne AR, Alexander F. Holt BD. The pericardium. Hurst's The Heart MH, editor. New York; 2001.
39. Castelo Branco NAA, Ferreira JR, Monteiro M, Alves-Pereira M. Diagnosing vibroacoustic disease for forensic purposes Trabalho IdSeHn, editor.; 2006.
40. Palma DC. Quando o ruído atinge a audição Porto Alegre, Brasil; 1999.
41. Takahashi Y. A study on the relationship between subjective unpleasantness and body surface vibrations induced by high-level low-frequency pure tones. Industrial Health. 2005.
42. Leventhall G, Pelmear P, Benton S. A review of published research on low frequency noise and its effects. National Wind Watch. 2003.
43. Belojevic G, Jakovljevic B. Factors influencing subjective noise sensitivity in an urban population. Noise Health. 2001: p. 17-24.
44. The Society for Wind Vigilance. Low frequency noise, infrasound and wind turbines. ; 2013.
45. Seidel H. Selected health risks caused by long-term, whole-body vibration. American Journal of Industrial Medicine. 1993;: p. 589-604.
46. World Health Organization. Guidelines for community noise. Geneva:; 1999.
47. Yorg CM, Zannin PHT. Noise evaluation in the Itaipu Binacional. In 27th International Congress on Occupational Health; 2003; Iguassu Falls, Brazil.
48. Dani A, Garavelli SL. Principais efeitos da poluição sonora em seres humanos. Revista Universa. 2001.
49. Gerges SNY. Ruído: fundamentos e controle. 2nd ed. Florianópolis: NR Brasil; 2000.
50. Gonçalves M. Ruídos ocupacionais e sintomas psiquiátricos. International Journal of Psichiatry. 2011; 16(3).
51. Lercher P, Hörtnagl J, Kofler WW. Work, noise annoyance and blood pressure: combined effects with stressful working conditions. International Archives of Occupational and Environmental Health. 1993: p. 23 –8.
52. Kahn JP. Um manual para organizações e médicos Trabalho SMePn, editor.: John Wiley & Son; 2003.

53. Stansfeld SA, Matherson MP. Poluição sonora: efeitos não-auditivos na saúde. Oxford University Press Journals. 1995.

54. Loeb M. Noise and human efficiency Chichester , editor. Wiley: International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors; 1986.

55. Melamed S, Kristal-Boneh E, Froom P. Industrial noise exposure and risk factors for cardiovascular disease: findings from the CORDIS Study. 4th ed. Health N, editor.; 1999.

56. Stansfeld SA, Gallacher J, Babisch W, Shipley M. Ruído do tráfego rodoviário e transtorno psiquiátrico: a partir das conclusões da Caerphilly. Estudo prospetivo. British Medical Journal. 1996;(313): p. 266-7.

57. Moraes AG, Regazzoni RD. Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo. In Teoria e prática; 2002; Rio de Janeiro.

58. Jones DM, Chapman AJ,ATC. Noise in the environment: a social perspective. Journal of Applied Psychology. 1981;(1): p. 43 –59.

59. Ministério do Trabalho e da Solidariedade. Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro. Portugal:; 2006.

60. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. European Network - Belgian Safe Work Information Center (BeSWIC). [Online].; 2006 [cited 2015 julho 19. Available from: http://www.beswic.be/pt/topics/noise/who_at_risk_html.

61. Passchier-Vermeer W. Noise and health. Health Council of the Netherland. 1993.

62. Crook MA, Langdon FJ, Crook MA, Langdon FJ. The effects of aircraft noise in schools around London Airport. Journal of Sound and Vibration - Elsevier. 1974;(34): p. 221 –32.

63. Horne JA, Pankhurst FL, Reyner LA, Hume K, Diamond ID, Horne JA, et al. A field study of sleep disturbance: effects of aircraft noise and other factors on 5742 nights of actimetrically monitored sleep ina a large amount os samples. 1994: p. 146-59.

64. Vallet M, Gagneux J, Clairet JM. Heart rate reactivity to aircraft noise after a long-term exposure. In G R, editor. Noise as a Public Health Problem; 1983; Milan: Centro Recherche e Studio Amplifon. p. 965 –75.

65. Kristal-Boneh E, Melamed S, Harari G. Acute noise exposure on blood pressure and heart rate among industrial employees: the Cordis Study. Archives of Environmental Health. 1995: p. 298 –304.

66. Cohen S, Evans GW, Stokols D, Krantz DS. Behavior, health and environmental stress. Plenum Press. 1986.

67. Evans , W. G, Hygge S, Bullinger M. Chronic noise and psychological stress. Psychological Science. 1995: p. 333 –8.

68. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. European Network - Belgian Safe Work Information Center (BeSWIC). [Online].; 2006 [cited 2015 july 19. Available from: http://osha.lv/pt/publications/e-facts?b_start:int=40.

69. Cardoso AP, Oliveira MJR, Silva ÁMd, Águas AP, Pereira AS. Efeito da exposição prolongada a ruído ocupacional na função respiratória de trabalhadores da indústria

têxtil. 2005.

70. Melamed S, Bruhis S. The effects of chronic industrial noise exposure on urinary cortisol, fatigue and irritability: a controlled field experiment. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1996;(38): p. 252-256.
71. Parvizpoor D. Noise exposure and prevalence of high-body pressure among weavers in Iran. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1976;(18): p. 730-731.
72. Cloutier MM, Guernsey L. Byssinosis: role of polymer length on the effect of tannin on the airway betaadrenergic receptor. Lung. 1998: p. 393-401.
73. Fishwick D, Fletcher AM, Pickering CA, McL NR, Faragher EB. Lung function in Lancashire cotton and man made fibre spinning mill operatives. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1996;(53): p. 46-50.
74. Raza SN, Fletcher AM, Pickering CA, Niven RM, Faragher EB. Respiratory symptoms in Lancashire textile weavers. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1999;(56): p. 514-519.
75. Simpson JC, Niven RM, Pickering CA, Fletcher AM, Oldham LA, Francis HM. Prevalence and predictors of work related respiratory symptoms in workers exposed to organic dust. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1998;(55): p. 668-672.
76. Cavalcante F, Ferrite S, Meira TC. Exposição ao ruído na indústria de transformação no Brasil. 2012.
77. Carvalho A. Acústica ambiental e de edifícios; 2007.
78. Semião J. A física do som. Electro. 2005 Outubro: p. 4.
79. Nave CR. HyperPhysics. [Online].; 2012 [cited 2015 august 7. Available from: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html.
80. Hungria H. Otorrinolaringologia. 8th ed. S.A. GK, editor. Rio de Janeiro, Brasil; 2000.
81. Penha RdSS. Otorrinolaringologia Lda. A&A, editor. Lisboa; 1998.
82. Reis JL. Surdez diagnóstico e reabilitação. In Portugal S, editor. ; 2002; Lisboa.
83. Ruah S, Ruah C. Manual de Otorrinolaringologia Selenprinter , editor.; 1999.
84. Flock A, Flock B, Ulfendahl M. Mechanisms of movement in outer hair cells and a possible structural basis. Official Journal of European Academy of Oto-Rhino-Laryngo. 1986;(243): p. 83-90.
85. Zenner HP, Zimmermann U, Schmitt U. Reversible contractions of isolated mammalian cochlear hair cells. Hearing Research - Journal - Elsevier. 1985;(18): p. 127-133.
86. Kachar B, Brownell WC, Altschuler RA, Fex J. Electrokinetic shape changes of cochlear outer hair cells. Nature Journal. 1986;(322): p. 365-367.
87. CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire. Em torno da cóclea Servier , editor. Lisboa; 2003.
88. Herdman S. Reabilitação vestibular. 1st ed. Manole , editor. Barueri, Brasil; 2002.
89. Megerson SC. Update on worker's compensation practices for hearing loss. In

American Industrial Hygiene Association Conference & Expo; 2001; New Orleans, USA.

90. Penedo C. Ruído de equipamentos electromecânicos em espaços ocupados. In Coimbra Ud, editor. Acústica; 2008 Outubro 20; Coimbra.
91. Broner N. Rating and Assessment of Noise. EcoLibriumTM Bio-Based Traditional Wall Base. 2005;: p. 21-25.
92. Beranek LL. Noise and vibration control USA IoNCEot, editor. Washington; 1988.
93. Templeton D. Acoustics in the built environment: advice for the design team. Arquitectural Press. 1997.
94. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook - HVAC Applications Atlanta, USA; 2007.
95. Neves AdS. Redução de ruído ambiental em área de produção industrial; 2007.
96. Sardinha RAG. Arquitetura de um sistema de gestão do ruído em ambiente industrial; 2007.
97. Setúbal FAdN. Desenvolvimento de um indicador de faixa de nível de pressão sonora de baixo custo atuando como sistema permanente de monitoramento de ruído; 2008.
98. Cordeiro EP. Avaliação da propagação do ruído industrial na poluição sonora; 2009.
99. Lopes DR, Catai RE, Agnoletto RA, Matoski A, Cordeiro AD, Maich ÉG. Gestão do ruído industrial por meio da criação de um índice comparativo de ruído ocupacional. In VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão - Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável; 2010.
100. Cabral CM. Acústica industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial; 2012.
101. Martins DP, Alencar MSd. Análise de ruído em ambiente industrial: uma nova abordagem. 2013.
102. Hall DE. Basic acoustics; 1987.
103. Costa DG. Microfone: Características e Aplicações. In Primeiro Seminário de Engenharia de Áudio – SemEA; 2002; Belo Horizonte, Brasil.
104. Guerra MR, Lourenço PMC, Bustamante-Teixeira MT, Alves MJM. Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica. Revista de Saúde Pública. 2005.
105. Barbosa ASM. Ruído urbano e perda auditiva: o caso da exposição ocupacional em atividades ligadas à coordenação do tráfego de veículos no município de São Paulo Mestrado Dd, editor. Brasil: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2001.
106. Martins AL, Alvarenga KF, Bevilacqua MC, Costa Filho OA. Perda auditiva em motoristas e cobradores de ônibus. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. 2001: p. 467-473.
107. Miranda CR, Dias CR, Pena PGL, Nobre LCC, Aquino R. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores industriais da região metropolitana de Salvador. Informativo Epidemiol do Serviço Único de Saúde. 1998: p. 87-94.

108. Miranda CR, Dias CR. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores em bandas e em trios elétricos de Salvado. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. 1998: p. 99-118.

109. Oliveira TMT, Reis ABF, Bossi C, Pagnossim DF, Pereira LF, MMC. Implantação de um programa de conservação auditiva em uma indústria de bebidas. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. 1997: p. 31-36.

110. Ruggieri M, Cattan S, Giardini LDL, Oliveira KAS. Deficiência auditiva induzida por ruído em 472 trabalhadores da região do ABC Paulista. Arquivo Médico do ABC - Portal de Revistas Científicas em Ciências da Saúde. 1991: p. 19-23.

111. Santos LF, Shiraishi NY, Silva JS, Prioste SV, Koishi SM, Lima CJ. Estudo de prevalência da perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria gráfica. Distúrbios Comuns. 1998: p. 45-58.

112. Bauer P, Körpert K, Neuberger M, Raber A, Schwetz F. Risk factors for hearing loss at different frequencies in a population of 47388 noise-exposed workers. The Journal of the Acoustical Society of America. 1991: p. 3086-3098.

113. Ministério da Previdência e Assistência Social. Norma Técnica para Avaliação da Incapacidade – PAIR 608 OdSInº, editor. Brasília; 5 de agosto de 1998.

114. Díaz AH, Méndez BMG. Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. Revista de Medicina y Seguridad del Trabajo. 2007.

115. ILO - International Labour Organization. Occupational Health and Safet Geneve; 1971.

116. Álvarez A. Otorrinolaringología ocupacional. In Conferencia Impartida; 1985; Habana, Cuba: Centro Provincial de Higiene-Epidemiología. p. Centro Provincial de Higiene-Epidemiología, C. Habana, 1985.

117. González JP. El ruido dañando a la audición. Comunicación personal. 1985.

118. ITSEMAP - Instituto Tecnológico de Seguridad Mapfre. Introducción a la acústica. In Conferencia del 1er Curso Master en Seguridad Integral; 1988 Conferencia del 1er Curso Master en Seguridad Integral. Madrid, 1988.; Madrid.

119. López González L. Comportamiento del umbral auditivo en jóvenes trabajadores de una industria textil Habana, Cuba: Tesis especialista 1er. Grado en Medicina del Trabajo; 1989.

120. Cárcoba AC. Los equipos de protección individual. Revista Salud y Trabajo. 1992 Feb.

121. Tosal JM, Santa María G. Riesgo profesional en aserrado y preparación industria de la madera. Revista Salud y Trabajo. 1992 Jan.

122. Sánchez MF, Espinosa FJ. El ruido industrial como patología laboral. Revista Medicina y Seguridad del Trabajo. 1991 4-6.

123. López Muñoz G. Una visión actual de la estrategia comunitaria en la lucha contra el ruido en el lugar de trabajo. Revista Salud y Trabajo. 1992 Feb: p. INSHT.

124. Talbott ED. Noise induced hearing loss: a possible marker for high blood pressure in older noise exposed populations. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1990 Aug: p. 690-691.

125. Monasterio R, Serrano MB. Patología del ruido. Revista Medicina y Seguridad del Trabajo. 1991 4-6.

126. Barceló C. Física del sonido. In Higiene IN, editor. Conferencia Epidemiología; 1984. p. 1, 12, 25 e 27.

127. Guerrero JC. El ruido como agente agresor a la salud en la fábrica de combinadas cañeras KTP de Holguín Habana, Cuba: Tesis especialista 1er. Grado en Medicina del Trabajo; 1985.

128. Calviño del Río A. La sordera profesional: enfermedad frecuente en la práctica de la salud ocupacional. Revista Cubana Higiene-Epidemiología. 1982: p. 408.

129. Lucchini R. Effects on hearing in exposure to impulsive and high frequency noise. La Medicina del Lavoro. 1991 11-12: p. 547-553.

130. Lalande NM. Quantification of the psychosocial disadvantages experienced by workers in a noisy industry and their nearest relatives: perspectives for rehabilitation. Audiology. 1988: p. 196-206.

131. Mc Shane DP. Unilateral otosclerosis and noise-induced occupational hearing loss. Clinical Otolaryngology - Wiley Online Library. 1991 Feb: p. 70-75.

132. Cerrada Delgado MC. Efecto sobre la audición en ambiente laboral ruidoso. Revista Medicina y Seguridad del Trabajo. 1991 4-6.

133. Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo. Enciclopedia de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo Editorial de Revadeneyre SA, editor. Madrid; 1979.

134. Clemente Ibáñez M. Enfermedades profesionales del oído. Revista Medicina y Seguridad del Trabajo. 1991 4-6.

135. Vilas J. Enfermedades profesionales por agentes físicos: ruido Trabajo CgdMd, editor. Pamplona: Instituto Nacional Seguridad e Higiene del Trabajo; 1985.

136. Weber SR, Périco E. Zumbido no trabalhador exposto ao ruído. Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. 2011.

137. Snow JB. Tinnitus: theory and management Lewiston, New York, USA: B. C. Decker - Medical Publications of America; 2004.

138. Heller AJ. Classification and epidemiology of tinnitus. Otolaryngologic Clinics of North America. 2003: p. 239-248.

139. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo. VI Curso Avançado de Zumbido. In ; 2008; São Paulo, Brasl.

140. Newman CW, Jacobson GP, Spitzer JB. Development of the tinnitus handicap inventory. 122nd ed. Surgery AoOHaN, editor.; 1996.

141. Ferreira PE, Cunha F, Onishi ET, Branco-Barreiro FC, Ganança FF. Tinnitus handicap inventory. 17th ed. Pró-Fono , editor.; 2005.

142. Axelsson A, Prasher D. Tinnitus induced by occupacional and leisure noise. Noise Health. 2000: p. 47-52.

143. Possani LN. Estudo da prevalência e das características do zumbido em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional Porto ALegre, Brasil: Universidade Federal do Rio

Grande do Sul; 2006.

144. Dias A, Cordeiro R, Corrente JE, Gonçalves CG. Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbidos. Cadernos de Saúde Pública. 2006: p. 63-68.

145. Rubak T, Kock S, Koefoed-Nielsen B, Lund SP, Bonde JP, Kolstad HA. The risk of tinnitus following occupacional noise exposure in workers with hearing loss or normal hearing. International Journal of Audiology. 2008: p. 109-214.

146. Eggermont JJ. On the pathophysiology of tinnitus; a review and a peripherical model. Journal of Hearing Research. 1990: p. 111-123.

147. Mc Fadden D. Tinnitus: facts, theories and treatments. National Academy Press. 1982: p. 1-150.

148. Barnea G, Attias J, Gold S, Shahar A. Tinnitus with normal hearing sensitivity: extended high-frequency audiometry and auditory nerve brain-stem-evoked responses. Audiology. 1990: p. 36-45.

149. Steinmetz LG, Zeigelboim BS, Lacerda AB, Morata TC, Marques JM. Características do zumbido em trabalhadores expostos a ruído. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. 2009: p. 7-14.

150. Basta D, Ernest A. Noise-induced changes of neuronal spontaneous activity in mice inferior colliculus brain slice. Journal of Neuroscience Letters. 2004: p. 297-302.

151. Sánchez TG, Bento RF, Minitti A, Câmara J. Zumbido: Características e Epidemiologia. Revista Brasileira de Otorrinolaringia. 1997: p. 229-235.

152. Jastreboff PJ, Jastreboff MM. First brazilian course on tinnitus retraining therapy for management of tinnitus and hyperacusis Otorrinolaringologia F, editor. São Paulo, Brasil; 2001.

153. Tyler R, Coelho C, Tao P, Ji H, Noble W, Gehringer A. Identifying tinnitus subgroups with cluster analysis. American Journal of Audiology. 2008; 2(17): p. 176-184.

154. Mrena R, Ylikoski M, Mäkitie A, Pirvola U, Ylikoski J. Occupational noise-induced hearing loss reports and tinnitus in Finland. Acta Oto-Laryngologica. 2007; 7(127): p. 729-735.

155. Babisch W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. Noise Health. 2002;(46): p. 1-11.

156. Kaltenbach J, Zhang J, Afman CE. Plasticity of spontaneous neural activity in the dorsal cochlear after intense sound exposure. Journal of Hearing Research. 2000; 1-2(147): p. 282-292.

157. Beça AMdS. Ruído ocupacional e perdas auditivas numa empresa do ramo da metalomecânica Engenharia Fd, editor.: Universidade do Porto; 2013.

158. Régis CFdC, Crispim KGM, Ferreira AP. Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria metalúrgica. Revista CEFAC – Saúde e Educação. 2014.

159. Silman S SCA. Auditory diagnosis: principles and applications Press A, editor. San Diego, California; 1991.

160. Harger M, Barbosa-Branco A. Efeitos auditivos decorrentes da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de marmorarias no Distrito Federal. Revista da Associação Médica Brasileira. 2004: p. 396-399.

161. Paolucci EDR. Estudo comparativo da prevalência de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados em profissionais e não-profissionais do som Medicina EPd, editor. São Paulo, Brasil: Universidade Federal de São Paulo; 2008.

162. Lopes AC, Nelli MP, Lauris JRP, Amorim RB, Melo ADP. Condições de saúde auditiva no trabalho: investigação dos efeitos auditivos em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional. 13th ed. Otorhinolaryngology IAo, editor.; 2009.

163. Almeida SIC, Albernaz PLM,ZPA, Xavier OG, Karazawa EHI. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. Revista da Associação Médica Brasileira. 2000: p. 143-158.

164. Cavalcanti CV, Almeida ER, Butugan O. Estudo audiométrico em ambiente ruidoso. 1st ed. ofOto-Rhino-Laryngology EA, editor.; 1986.

165. Leme OLS. Estudo audiométrico comparativo entre trabalhadores de área hospitalar expostos e não expostos a ruído. Revista Brasileira de Otorrinolaringologial. 2001: p. 837-843.

166. Caudart AU, Adriano CF, Terruel I, Martins RF, Caldart AU, Mocellin M. Prevalência da perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de indústria têxtil. 10th ed. Otorrinolaringologia AId, editor.; 2006.

167. Miranda CR, Dias CR, Pena PGL, Nobre LCC, Aquino R. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores industriais da região metropolitana de Salvador. Informe Epidemiológico do Serviço Único de Saúde. 1998: p. 87-94.

168. Fiorini AC. Conservação auditiva: estudo sobre o monitorização audiométrico em trabalhadores de uma indústria metalúrgica São Paulo, Brasil: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; 1994.

169. Mateus D. Acústica de edifícios e controlo de ruído Tecnologia FdCe, editor.: Universidade de Coimbra; 2008.

170. Reis CNd. Engenharia acústica e controlo do ruído Tecnologia FdCe, editor.: Universidade Nova de Lisboa; 2002.

171. Fernandes JC. Acústica e ruídos Engenharia UCdBFd, editor. Bauru, São Paulo - Brasil: Departamento de Engenharia Mecânica - Laboratório de Acústica e Vibrações; 2002.

172. Brüel & Kjær. Measuring sound: Brüel & Kjær; 1984.

173. Kinsler LE, Frey AR, Coppens AB, Sanders JV. Fundamentals of acoustics. 3rd ed. Sons JW&, editor. 1982.

174. Pereira ASdAB. Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído (análise de casos) Ciências Ed, editor.: Universidade do Minho; 2009.

175. Instituto Portugês da Qualidade. Norma Portuguesa NP-1730, Guia para Utilização IPQ , editor.: Comissão de Laboratórios de Acústica; 1997.

176. Instrutherm. www.manutencaoesuprimentos.com. [Online].; 2015 [cited 2015 8 8.

Available from: http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/2867-uso-do-dosimetro-de-ruido-no-chao-de-fabrica/.

177. Bragança L, Silva FCd. Comparação entre modelos de previsão de isolamento a sons de condução aérea de elementos construtivos Civil DdE, editor. Braga: Universidade do Minho; 2000.
178. Meisser M. La pratique de l'acoustique dans le bâtiment Eyrolles L, editor. Paris; 1978.
179. Purkis HJ. Building physics: acoustics Press P, editor. Oxford; 1966.
180. Silva PM. Acústica de edifícios Civil LLNdE, editor. Lisboa; 1978.
181. Augusto Mateus & Associados. Sector metalúrgico e metalomecânico - diagnóstico competitivo e análise estratégica. Relatório Final. Lisboa:; 2010.
182. Birla Institute of Technology & Science. Noise pollution and its control Pilani; 2009.
183. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. Redução e controlo do ruído. Facts. 2005 Apr.
184. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. A redução dos riscos do ruído no trabalho. Facts. 2005 Oct.
185. Guan D, Jiu Hui Wu NG, Hou M. Application of a Helmholtz structure for low frequency nouise reduction. Noise Control Engineering Journal. 2015 January-Februray; 1(63).
186. Arezes P. Percepção do risco de exposição ocupacional ao ruído Minho Ud, editor.; 2002.
187. Edwards B. Esquema de um conversor analógico-digital de 4 bits Universidade da Pensilvânia E, editor.: Laboratório de Circuitos Elétricos e Sistemas, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Sistemas; 2007.
188. Blazier WE. RC Mark II: A refined procedure for rating the noise of heating, ventilating, and air-conditioning (HVAC) systems in buildings. Noise Control Engineering Journal. 1997; 45: p. 243-250.
189. Takahashi Y. Frequency-dependence in the relationship between subjective unpleasantness and body surface vibrations induced by lowfrequency noise. In International Congress on Acoustics; 2004.
190. Banco de Portugal. Análise setorial da indústria metalomecânica. Nota de Informação Estatística. ; 2015. Report No.: 5.
191. Gardner D, J.A. C, P.N. F, Carlopio J, Shikdar A. Mechanical equipment injuries in small manufacturing businesses. Safety Science. 1999.
192. Jacinto C, Almeida T, Antão P, Soares A. A sinistralidade da Metalomecânica caracterizada pelas novas variáveis do Eurostat. Porto:; 2008.
193. INE - Instituto Nacional de Estatística. Sistema de contas integradas das empresas. ; 2015.
194. Carvalho A. Acústica Ambiental e de Edifícios; 2007.
195. Hall DE. Basic Acoustics; 1987.
196. Cabral CM. Acústica Industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à

identificação de fontes de ruído em ambiente industrial; 2012.

197. Sardinha RAG. Arquitetura de um sistema partilhado de gestão do ruído em ambiente industrial; 2007.

198. Pina APBd. Portal de Saúde Pública. [Online].; 2000 [cited 2015 julho 18. Available from: http://www.saudepublica.web.pt/05-PromocaoSaude/051-Educacao/ruido.htm.

199. Agência Portuguesa do Ambiente. www.apambiente.pt. [Online].; 2015 [cited 2015 julho 18. Available from: http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=86&sub2ref=529.

200. EUROSTAT. Work and Health in the EU: A Statistical Portrait. ; 2010. Report No.: ISBN 978-92-79-14606-0.

201. Sanchez TG, Ferrari GMdS. O que é zumbido? In Zumbido, avaliação, diagnóstico e reabilitação: abordagens atuais; 2004; São Paulo: Lovise: Alessandra Giannella Samelli. p. 17-22.

202. Branco NAAC, Alves-Pereira M. A Doença Vobroacústica – Revisão de Conceitos. Ciências Biomédicas. 2010.

203. World Health Organization. Guidelines for Community Noise. Geneva:; 1999.

204. Dani A, Garavelli SL. Principais Efeitos da Poluição Sonora em Seres Humanos. Revista Universa. 2001.

205. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. European Network - Belgian Safe Work Information Center (BeSWIC). [Online]. [cited 2015 julho 19. Available from: http://www.beswic.be/pt/topics/noise/who_at_risk_html.

206. Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. European Network - Belgian Safe Work Information Center (BeSWIC). [Online]. [cited 2015 july 19. Available from: http://osha.lv/pt/publications/e-facts?b_start:int=40.

207. Cardoso AP, Oliveira MJR, Álvaro Moreira da Silva APÁ, Pereira AS. Efeito da exposição prolongada a ruído ocupacional na função respiratória de trabalhadores da indústria têxtil. 2005.

208. Semião J. A Física do Som. Electro. 2005 Outubro: p. 4.

209. Fernandes JC. Acústica e Ruídos Engenharia UCdBFd, editor. Bauru, São Paulo - Brasil: Departamento de Engenharia Mecânica - Laboratório de Acústica e Vibrações; 2002.

210. Brüel & Kjær. Measuring Sound: Brüel & Kjær; 1984.

211. Reis CNd. Engenharia Acústica e Controlo do Ruído Tecnologia FdCe, editor.: Universidade Nova de Lisboa; 2002.

212. Pereira ASdAB. Avaliação da Exposição dos Trabalhadores ao Ruído (Análise de Casos) Ciências Ed, editor.: Universidade do Minho; 2009.

213. Mateus D. Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído Tecnologia FdCe, editor.: Universidade de Coimbra; 2008.

214. CRIC - Centre Régional D'Imagerie Cellulaire. Em Torno da Cóclea Servier , editor. Lisboa; 2003.

215. Herdman S. Reabilitação Vestibular. 1st ed. Manole , editor. Barueri, Brasil; 2002.

216. Instrutherm. www.manutencaoesuprimentos.com. [Online]. [cited 2015 8 8. Available from: http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/2867-uso-do-dosimetro-de-ruido-no-chao-de-fabrica/.

217. Arezes P. Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído Minho Ud, editor.; 2002.

218. Leventhall G, Pelmear P, Benton S. A review of published research on low frequency noise and its effects. London: Government of UK; 2003.

219. Takahashi Y. A Study on the Relationship between subjective unpleasantness and body surface vibrations induced by high-level low-frequency Pure Tones. Industrial Health. 2005.

220. Belojevic G, Jakovljevic B. Factors influencing subjective noise sensitivity in an urban population. Noise Health. 2001: p. 17-24.

221. The Society for Wind Vigilance. Low Frequency Noise, Infrasound and Wind Turbines. ; 2013.

222. Augusto Mateus & Associados. Sector Metalúrgico e Metalomecânico - Diagnóstico Competitivo e Análise Estratégica. Relatório Final. Lisboa:; 2010.

223. INE - Instituto Nacional de Estatística. Sistema de Contas Integradas das Empresas. ; 2015.

7 ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A - Programa conversor de ficheiros do USB Data Logger para o SIG IDRISI 422

Anexo A – Conversor de ficheiros do *USB Data Logger* para o SIG *IDRISI*

```
PROGRAM  LOGGER;

{$C-}

CONST  max_A  = 100;
       max_B  = 100;
       formula = 1;

TYPE   num30 = 1..30;
       num50 = 1..50;

       PontIdrisi = ^DataIdrisi;
         DataIdrisi = Record
                        Coord_X : num50;
                        Coord_Y : num30;
                        Ruido_A : integer;
                        Ruido_B : integer;
                        prox    : PontIdrisi
                      End;

VAR   fileLogger, fileIdrisi : Text;
      ponteiro, primponteiro, ultponteiro : PontIdrisi;
      Heaptop: ^integer;
      i, j, mux, mic : integer;
      existe, virgula, firstmux, primmux : boolean;
      canal_A, canal_B : Array[1..6] of char;
      volts_A, volts_B : Array[1..32] of integer;
      caracter : char;

BEGIN

  primponteiro:= nil;
  ultponteiro:= nil;
  Mark (Heaptop);

  Assign (fileLogger, 'C:\SOUNDS.TXT');
  {$I-}
  Reset (fileLogger);
  {$I+}
  existe := (IOresult = 0);

  If existe then
    Begin
      mux:= 1;
      mic:= 1;
      virgula:= false;
      Repeat
        volts_A[mux]:= 0;
        volts_B[mux]:= 0;
        mux:= mux + 1
      Until mux = 33;
      mux:= 1;
      Read (fileLogger, caracter);
      While (caracter <> '1') AND Not virgula AND
          EOLN(fileLogger) AND Not EOF(fileLogger) do
        Begin
          Readln (fileLogger);
```

```
    Read (fileLogger, caracter);
    If caracter = '1' then
      Begin
        Read (fileLogger, caracter);
        If caracter = ',' then
          virgula:= true
      End
  End;
While (mux < 33) AND Not EOF(fileLogger) do
  Begin
    Repeat
      Read (fileLogger, caracter)
    Until caracter = "";
    j:= 1;
    Repeat
      Read (fileLogger, caracter);
      canal_A[j]:= caracter;
      j:= j + 1
    Until (caracter = ',') OR (caracter = '.');
    canal_A[j]:= '.';
    If canal_A[1] = '-' then
      Case j of
        4: Case canal_A[2] of
             '0': volts_A[mux]:= 0;
             '1': volts_A[mux]:= 1;
             '2': volts_A[mux]:= 2;
             '3': volts_A[mux]:= 3;
             '4': volts_A[mux]:= 4;
             '5': volts_A[mux]:= 5;
             '6': volts_A[mux]:= 6;
             '7': volts_A[mux]:= 7;
             '8': volts_A[mux]:= 8;
             '9': volts_A[mux]:= 9
           End;
        5: Case canal_A[3] of
             '0': Case canal_A[2] of
                    '1': volts_A[mux]:= 10;
                    '2': volts_A[mux]:= 20;
                    '3': volts_A[mux]:= 30;
                    '4': volts_A[mux]:= 40;
                    '5': volts_A[mux]:= 50;
                    '6': volts_A[mux]:= 60;
                    '7': volts_A[mux]:= 70;
                    '8': volts_A[mux]:= 80;
                    '9': volts_A[mux]:= 90
                  End;
             '1': Case canal_A[2] of
                    '0': volts_A[mux]:= 1;
                    '1': volts_A[mux]:= 11;
                    '2': volts_A[mux]:= 21;
                    '3': volts_A[mux]:= 31;
                    '4': volts_A[mux]:= 41;
                    '5': volts_A[mux]:= 51;
                    '6': volts_A[mux]:= 61;
                    '7': volts_A[mux]:= 71;
                    '8': volts_A[mux]:= 81;
                    '9': volts_A[mux]:= 91
```

```
        End;
    '2': Case canal_A[2] of
        '0': volts_A[mux]:= 2;
        '1': volts_A[mux]:= 12;
        '2': volts_A[mux]:= 22;
        '3': volts_A[mux]:= 32;
        '4': volts_A[mux]:= 42;
        '5': volts_A[mux]:= 52;
        '6': volts_A[mux]:= 62;
        '7': volts_A[mux]:= 72;
        '8': volts_A[mux]:= 82;
        '9': volts_A[mux]:= 92
       End;
    '3': Case canal_A[2] of
        '0': volts_A[mux]:= 3;
        '1': volts_A[mux]:= 13;
        '2': volts_A[mux]:= 23;
        '3': volts_A[mux]:= 33;
        '4': volts_A[mux]:= 43;
        '5': volts_A[mux]:= 53;
        '6': volts_A[mux]:= 63;
        '7': volts_A[mux]:= 73;
        '8': volts_A[mux]:= 83;
        '9': volts_A[mux]:= 93
       End;
    '4': Case canal_A[2] of
        '0': volts_A[mux]:= 4;
        '1': volts_A[mux]:= 14;
        '2': volts_A[mux]:= 24;
        '3': volts_A[mux]:= 34;
        '4': volts_A[mux]:= 44;
        '5': volts_A[mux]:= 54;
        '6': volts_A[mux]:= 64;
        '7': volts_A[mux]:= 74;
        '8': volts_A[mux]:= 84;
        '9': volts_A[mux]:= 94
       End;
    '5': Case canal_A[2] of
        '0': volts_A[mux]:= 5;
        '1': volts_A[mux]:= 15;
        '2': volts_A[mux]:= 25;
        '3': volts_A[mux]:= 35;
        '4': volts_A[mux]:= 45;
        '5': volts_A[mux]:= 55;
        '6': volts_A[mux]:= 65;
        '7': volts_A[mux]:= 75;
        '8': volts_A[mux]:= 85;
        '9': volts_A[mux]:= 95
       End;
    '6': Case canal_A[2] of
        '0': volts_A[mux]:= 6;
        '1': volts_A[mux]:= 16;
        '2': volts_A[mux]:= 26;
        '3': volts_A[mux]:= 36;
        '4': volts_A[mux]:= 46;
        '5': volts_A[mux]:= 56;
        '6': volts_A[mux]:= 66;
```

```
            '7': volts_A[mux]:= 76;
            '8': volts_A[mux]:= 86;
            '9': volts_A[mux]:= 96
          End;
      '7': Case canal_A[2] of
            '0': volts_A[mux]:= 7;
            '1': volts_A[mux]:= 17;
            '2': volts_A[mux]:= 27;
            '3': volts_A[mux]:= 37;
            '4': volts_A[mux]:= 47;
            '5': volts_A[mux]:= 57;
            '6': volts_A[mux]:= 67;
            '7': volts_A[mux]:= 77;
            '8': volts_A[mux]:= 87;
            '9': volts_A[mux]:= 97
          End;
      '8': Case canal_A[2] of
            '0': volts_A[mux]:= 8;
            '1': volts_A[mux]:= 18;
            '2': volts_A[mux]:= 28;
            '3': volts_A[mux]:= 38;
            '4': volts_A[mux]:= 48;
            '5': volts_A[mux]:= 58;
            '6': volts_A[mux]:= 68;
            '7': volts_A[mux]:= 78;
            '8': volts_A[mux]:= 88;
            '9': volts_A[mux]:= 98
          End;
      '9': Case canal_A[2] of
            '0': volts_A[mux]:= 9;
            '1': volts_A[mux]:= 19;
            '2': volts_A[mux]:= 29;
            '3': volts_A[mux]:= 39;
            '4': volts_A[mux]:= 49;
            '5': volts_A[mux]:= 59;
            '6': volts_A[mux]:= 69;
            '7': volts_A[mux]:= 79;
            '8': volts_A[mux]:= 89;
            '9': volts_A[mux]:= 99
          End;
    End;
  6: Case canal_A[4] of
      '0': Case canal_A[3] of
            '0': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 100
                End;
            '1': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 110
                End;
            '2': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 120
                End;
            '3': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 130
                End;
            '4': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 140
```

```
            End;
        '5': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 150
            End
    End;
'1': Case canal_A[3] of
        '0': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 101
            End;
        '1': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 111
            End;
        '2': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 121
            End;
        '3': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 131
            End;
        '4': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 141
            End
    End;
'2': Case canal_A[3] of
        '0': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 102
            End;
        '1': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 112
            End;
        '2': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 122
            End;
        '3': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 132
            End;
        '4': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 142
            End
    End;
'3': Case canal_A[3] of
        '0': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 103
            End;
        '1': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 113
            End;
        '2': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 123
            End;
        '3': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 133
            End;
        '4': Case canal_A[2] of
              '1': volts_A[mux]:= 143
            End
    End;
'4': Case canal_A[3] of
```

```
        '0': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 104
             End;
        '1': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 114
             End;
        '2': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 124
             End;
        '3': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 134
             End;
        '4': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 144
             End
       End;
    '5': Case canal_A[3] of
        '0': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 105
             End;
        '1': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 115
             End;
        '2': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 125
             End;
        '3': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 135
             End;
        '4': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 145
             End
      End;
    '6': Case canal_A[3] of
        '0': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 106
             End;
        '1': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 116
             End;
        '2': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 126
             End;
        '3': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 136
             End;
        '4': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 146
             End
      End;
    '7': Case canal_A[3] of
        '0': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 107
             End;
        '1': Case canal_A[2] of
               '1': volts_A[mux]:= 117
             End;
```

```
            '2': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 127
                 End;
            '3': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 137
                 End;
            '4': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 147
                 End
           End;
       '8': Case canal_A[3] of
            '0': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 108
                 End;
            '1': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 118
                 End;
            '2': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 128
                 End;
            '3': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 138
                 End;
            '4': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 148
                 End
           End;
       '9': Case canal_A[3] of
            '0': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 109
                 End;
            '1': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 119
                 End;
            '2': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 129
                 End;
            '3': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 139
                 End;
            '4': Case canal_A[2] of
                  '1': volts_A[mux]:= 149
                 End

           End
     End;
  End
Else
  Case j of
    3: Case canal_A[1] of
       '0': volts_A[mux]:= 0;
       '1': volts_A[mux]:= 1;
       '2': volts_A[mux]:= 2;
       '3': volts_A[mux]:= 3;
       '4': volts_A[mux]:= 4;
       '5': volts_A[mux]:= 5;
       '6': volts_A[mux]:= 6;
```

```
      '7': volts_A[mux]:= 7;
      '8': volts_A[mux]:= 8;
      '9': volts_A[mux]:= 9
    End;
  4: Case canal_A[2] of
      '0': Case canal_A[1] of
            '1': volts_A[mux]:= 10;
            '2': volts_A[mux]:= 20;
            '3': volts_A[mux]:= 30;
            '4': volts_A[mux]:= 40;
            '5': volts_A[mux]:= 50;
            '6': volts_A[mux]:= 60;
            '7': volts_A[mux]:= 70;
            '8': volts_A[mux]:= 80;
            '9': volts_A[mux]:= 90
           End;
      '1': Case canal_A[1] of
            '0': volts_A[mux]:= 1;
            '1': volts_A[mux]:= 11;
            '2': volts_A[mux]:= 21;
            '3': volts_A[mux]:= 31;
            '4': volts_A[mux]:= 41;
            '5': volts_A[mux]:= 51;
            '6': volts_A[mux]:= 61;
            '7': volts_A[mux]:= 71;
            '8': volts_A[mux]:= 81;
            '9': volts_A[mux]:= 91
           End;
      '2': Case canal_A[1] of
            '0': volts_A[mux]:= 2;
            '1': volts_A[mux]:= 12;
            '2': volts_A[mux]:= 22;
            '3': volts_A[mux]:= 32;
            '4': volts_A[mux]:= 42;
            '5': volts_A[mux]:= 52;
            '6': volts_A[mux]:= 62;
            '7': volts_A[mux]:= 72;
            '8': volts_A[mux]:= 82;
            '9': volts_A[mux]:= 92
           End;
      '3': Case canal_A[1] of
            '0': volts_A[mux]:= 3;
            '1': volts_A[mux]:= 13;
            '2': volts_A[mux]:= 23;
            '3': volts_A[mux]:= 33;
            '4': volts_A[mux]:= 43;
            '5': volts_A[mux]:= 53;
            '6': volts_A[mux]:= 63;
            '7': volts_A[mux]:= 73;
            '8': volts_A[mux]:= 83;
            '9': volts_A[mux]:= 93
           End;
      '4': Case canal_A[1] of
            '0': volts_A[mux]:= 4;
            '1': volts_A[mux]:= 14;
            '2': volts_A[mux]:= 24;
            '3': volts_A[mux]:= 34;
```

```
        '4': volts_A[mux]:= 44;
        '5': volts_A[mux]:= 54;
        '6': volts_A[mux]:= 64;
        '7': volts_A[mux]:= 74;
        '8': volts_A[mux]:= 84;
        '9': volts_A[mux]:= 94
       End;
    '5': Case canal_A[1] of
        '0': volts_A[mux]:= 5;
        '1': volts_A[mux]:= 15;
        '2': volts_A[mux]:= 25;
        '3': volts_A[mux]:= 35;
        '4': volts_A[mux]:= 45;
        '5': volts_A[mux]:= 55;
        '6': volts_A[mux]:= 65;
        '7': volts_A[mux]:= 75;
        '8': volts_A[mux]:= 85;
        '9': volts_A[mux]:= 95
       End;
     '6': Case canal_A[1] of
        '0': volts_A[mux]:= 6;
        '1': volts_A[mux]:= 16;
        '2': volts_A[mux]:= 26;
        '3': volts_A[mux]:= 36;
        '4': volts_A[mux]:= 46;
        '5': volts_A[mux]:= 56;
        '6': volts_A[mux]:= 66;
        '7': volts_A[mux]:= 76;
        '8': volts_A[mux]:= 86;
        '9': volts_A[mux]:= 96
       End;
    '7': Case canal_A[1] of
        '0': volts_A[mux]:= 7;
        '1': volts_A[mux]:= 17;
        '2': volts_A[mux]:= 27;
        '3': volts_A[mux]:= 37;
        '4': volts_A[mux]:= 47;
        '5': volts_A[mux]:= 57;
        '6': volts_A[mux]:= 67;
        '7': volts_A[mux]:= 77;
        '8': volts_A[mux]:= 87;
        '9': volts_A[mux]:= 97
       End;
    '8': Case canal_A[1] of
        '0': volts_A[mux]:= 8;
        '1': volts_A[mux]:= 18;
        '2': volts_A[mux]:= 28;
        '3': volts_A[mux]:= 38;
        '4': volts_A[mux]:= 48;
        '5': volts_A[mux]:= 58;
        '6': volts_A[mux]:= 68;
        '7': volts_A[mux]:= 78;
        '8': volts_A[mux]:= 88;
        '9': volts_A[mux]:= 98
       End;
    '9': Case canal_A[1] of
        '0': volts_A[mux]:= 9;
```

```
            '1': volts_A[mux]:= 19;
            '2': volts_A[mux]:= 29;
            '3': volts_A[mux]:= 39;
            '4': volts_A[mux]:= 49;
            '5': volts_A[mux]:= 59;
            '6': volts_A[mux]:= 69;
            '7': volts_A[mux]:= 79;
            '8': volts_A[mux]:= 89;
            '9': volts_A[mux]:= 99
          End
    End;
5: Case canal_A[3] of
    '0': Case canal_A[2] of
          '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 100
              End;
          '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 110
              End;
          '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 120
              End;
          '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 130
              End;
          '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 140
              End;
          '5': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 150
              End
        End;
    '1': Case canal_A[2] of
          '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 101
              End;
          '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 111
              End;
          '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 121
              End;
          '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 131
              End;
          '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 141
              End
        End;
    '2': Case canal_A[2] of
          '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 102
              End;
          '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 112
              End;
          '2': Case canal_A[1] of
```

```
                '1': volts_A[mux]:= 122
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 132
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 142
            End
    End;
'3': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 103
            End;
        '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 113
            End;
        '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 123
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 133
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 143
            End
    End;
'4': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 104
            End;
        '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 114
            End;
        '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 124
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 134
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 144
            End
    End;
'5': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 105
            End;
        '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 115
            End;
        '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 125
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 135
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
```

```
                '1': volts_A[mux]:= 145
            End
        End;
    '6': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 106
            End;
        '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 116
            End;
        '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 126
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 136
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 146
            End
        End;
    '7': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 107
            End;
        '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 117
            End;
        '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 127
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 137
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 147
            End
        End;
    '8': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 108
            End;
        '1': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 118
            End;
        '2': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 128
            End;
        '3': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 138
            End;
        '4': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 148
            End
        End;
    '9': Case canal_A[2] of
        '0': Case canal_A[1] of
                '1': volts_A[mux]:= 109
```

```
                End;
            '1': Case canal_A[1] of
                 '1': volts_A[mux]:= 119
                End;
            '2': Case canal_A[1] of
                 '1': volts_A[mux]:= 129
                End;
            '3': Case canal_A[1] of
                 '1': volts_A[mux]:= 139
                End;
            '4': Case canal_A[1] of
                 '1': volts_A[mux]:= 149
                End
          End
      End
  End;
Read (fileLogger, caracter);
Case caracter of
  '5'..'9': volts_A[mux]:= volts_A[mux] + 1
End;
Repeat
  Read (fileLogger, caracter)
Until caracter = ',';
Repeat
  Read (fileLogger, caracter)
Until caracter = '"';
j:= 1;
Repeat
  Read (fileLogger, caracter);
  canal_B[j]:= caracter;
  j:= j + 1
Until (caracter = ',') OR (caracter = '.');
canal_B[j]:= '.';
If canal_B[1] = '-' then
  Case j of
    4: Case canal_B[2] of
         '0': volts_B[mux]:= 0;
         '1': volts_B[mux]:= 1;
         '2': volts_B[mux]:= 2;
         '3': volts_B[mux]:= 3;
         '4': volts_B[mux]:= 4;
         '5': volts_B[mux]:= 5;
         '6': volts_B[mux]:= 6;
         '7': volts_B[mux]:= 7;
         '8': volts_B[mux]:= 8;
         '9': volts_B[mux]:= 9
       End;
    5: Case canal_B[3] of
         '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 10;
                '2': volts_B[mux]:= 20;
                '3': volts_B[mux]:= 30;
                '4': volts_B[mux]:= 40;
                '5': volts_B[mux]:= 50;
                '6': volts_B[mux]:= 60;
                '7': volts_B[mux]:= 70;
                '8': volts_B[mux]:= 80;
```

```
            '9': volts_B[mux]:= 90
          End;
        '1': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 1;
            '1': volts_B[mux]:= 11;
            '2': volts_B[mux]:= 21;
            '3': volts_B[mux]:= 31;
            '4': volts_B[mux]:= 41;
            '5': volts_B[mux]:= 51;
            '6': volts_B[mux]:= 61;
            '7': volts_B[mux]:= 71;
            '8': volts_B[mux]:= 81;
            '9': volts_B[mux]:= 91
           End;
         '2': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 2;
            '1': volts_B[mux]:= 12;
            '2': volts_B[mux]:= 22;
            '3': volts_B[mux]:= 32;
            '4': volts_B[mux]:= 42;
            '5': volts_B[mux]:= 52;
            '6': volts_B[mux]:= 62;
            '7': volts_B[mux]:= 72;
            '8': volts_B[mux]:= 82;
            '9': volts_B[mux]:= 92
          End;
        '3': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 3;
            '1': volts_B[mux]:= 13;
            '2': volts_B[mux]:= 23;
            '3': volts_B[mux]:= 33;
            '4': volts_B[mux]:= 43;
            '5': volts_B[mux]:= 53;
            '6': volts_B[mux]:= 63;
            '7': volts_B[mux]:= 73;
            '8': volts_B[mux]:= 83;
            '9': volts_B[mux]:= 93
          End;
        '4': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 4;
            '1': volts_B[mux]:= 14;
            '2': volts_B[mux]:= 24;
            '3': volts_B[mux]:= 34;
            '4': volts_B[mux]:= 44;
            '5': volts_B[mux]:= 54;
            '6': volts_B[mux]:= 64;
            '7': volts_B[mux]:= 74;
            '8': volts_B[mux]:= 84;
            '9': volts_B[mux]:= 94
          End;
        '5': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 5;
            '1': volts_B[mux]:= 15;
            '2': volts_B[mux]:= 25;
            '3': volts_B[mux]:= 35;
            '4': volts_B[mux]:= 45;
            '5': volts_B[mux]:= 55;
```

```
            '6': volts_B[mux]:= 65;
            '7': volts_B[mux]:= 75;
            '8': volts_B[mux]:= 85;
            '9': volts_B[mux]:= 95
          End;
        '6': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 6;
            '1': volts_B[mux]:= 16;
            '2': volts_B[mux]:= 26;
            '3': volts_B[mux]:= 36;
            '4': volts_B[mux]:= 46;
            '5': volts_B[mux]:= 56;
            '6': volts_B[mux]:= 66;
            '7': volts_B[mux]:= 76;
            '8': volts_B[mux]:= 86;
            '9': volts_B[mux]:= 96
          End;
        '7': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 7;
            '1': volts_B[mux]:= 17;
            '2': volts_B[mux]:= 27;
            '3': volts_B[mux]:= 37;
            '4': volts_B[mux]:= 47;
            '5': volts_B[mux]:= 57;
            '6': volts_B[mux]:= 67;
            '7': volts_B[mux]:= 77;
            '8': volts_B[mux]:= 87;
            '9': volts_B[mux]:= 97
          End;
        '8': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 8;
            '1': volts_B[mux]:= 18;
            '2': volts_B[mux]:= 28;
            '3': volts_B[mux]:= 38;
            '4': volts_B[mux]:= 48;
            '5': volts_B[mux]:= 58;
            '6': volts_B[mux]:= 68;
            '7': volts_B[mux]:= 78;
            '8': volts_B[mux]:= 88;
            '9': volts_B[mux]:= 98
          End;
        '9': Case canal_B[2] of
            '0': volts_B[mux]:= 9;
            '1': volts_B[mux]:= 19;
            '2': volts_B[mux]:= 29;
            '3': volts_B[mux]:= 39;
            '4': volts_B[mux]:= 49;
            '5': volts_B[mux]:= 59;
            '6': volts_B[mux]:= 69;
            '7': volts_B[mux]:= 79;
            '8': volts_B[mux]:= 89;
            '9': volts_B[mux]:= 99
          End;
      End;
    6: Case canal_B[4] of
        '0': Case canal_B[3] of
            '0': Case canal_B[2] of
```

```
                '1': volts_B[mux]:= 100
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 110
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 120
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 130
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 140
            End;
        '5': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 150
            End
    End;
'1': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 101
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 111
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 121
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 131
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 141
            End
    End;
'2': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 102
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 112
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 122
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 132
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 142
            End
    End;
'3': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 103
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
```

```
                '1': volts_B[mux]:= 113
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 123
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 133
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 143
            End
    End;
'4': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 104
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 114
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 124
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 134
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 144
            End
     End;
'5': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 105
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 115
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 125
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 135
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 145
            End
    End;
'6': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 106
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 116
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 126
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
```

```
                '1': volts_B[mux]:= 136
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 146
            End
    End;
'7': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 107
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 117
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 127
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 137
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 147
            End
    End;
'8': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 108
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 118
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 128
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 138
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 148
            End
        End;
'9': Case canal_B[3] of
        '0': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 109
            End;
        '1': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 119
            End;
        '2': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 129
            End;
        '3': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 139
            End;
        '4': Case canal_B[2] of
                '1': volts_B[mux]:= 149
            End
    End
```

```
      End;
  End
Else
  Case j of
    3: Case canal_B[1] of
         '0': volts_B[mux]:= 0;
         '1': volts_B[mux]:= 1;
         '2': volts_B[mux]:= 2;
         '3': volts_B[mux]:= 3;
         '4': volts_B[mux]:= 4;
         '5': volts_B[mux]:= 5;
         '6': volts_B[mux]:= 6;
         '7': volts_B[mux]:= 7;
         '8': volts_B[mux]:= 8;
         '9': volts_B[mux]:= 9
       End;
    4: Case canal_B[2] of
         '0': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 10;
                '2': volts_B[mux]:= 20;
                '3': volts_B[mux]:= 30;
                '4': volts_B[mux]:= 40;
                '5': volts_B[mux]:= 50;
                '6': volts_B[mux]:= 60;
                '7': volts_B[mux]:= 70;
                '8': volts_B[mux]:= 80;
                '9': volts_B[mux]:= 90
              End;
         '1': Case canal_B[1] of
                '0': volts_B[mux]:= 1;
                '1': volts_B[mux]:= 11;
                '2': volts_B[mux]:= 21;
                '3': volts_B[mux]:= 31;
                '4': volts_B[mux]:= 41;
                '5': volts_B[mux]:= 51;
                '6': volts_B[mux]:= 61;
                '7': volts_B[mux]:= 71;
                '8': volts_B[mux]:= 81;
                '9': volts_B[mux]:= 91
              End;
         '2': Case canal_B[1] of
                '0': volts_B[mux]:= 2;
                '1': volts_B[mux]:= 12;
                '2': volts_B[mux]:= 22;
                '3': volts_B[mux]:= 32;
                '4': volts_B[mux]:= 42;
                '5': volts_B[mux]:= 52;
                '6': volts_B[mux]:= 62;
                '7': volts_B[mux]:= 72;
                '8': volts_B[mux]:= 82;
                '9': volts_B[mux]:= 92
              End;
         '3': Case canal_B[1] of
                '0': volts_B[mux]:= 3;
                '1': volts_B[mux]:= 13;
                '2': volts_B[mux]:= 23;
                '3': volts_B[mux]:= 33;
```

```
            '4': volts_B[mux]:= 43;
            '5': volts_B[mux]:= 53;
            '6': volts_B[mux]:= 63;
            '7': volts_B[mux]:= 73;
            '8': volts_B[mux]:= 83;
            '9': volts_B[mux]:= 93
           End;
        '4': Case canal_B[1] of
            '0': volts_B[mux]:= 4;
            '1': volts_B[mux]:= 14;
            '2': volts_B[mux]:= 24;
            '3': volts_B[mux]:= 34;
            '4': volts_B[mux]:= 44;
            '5': volts_B[mux]:= 54;
            '6': volts_B[mux]:= 64;
            '7': volts_B[mux]:= 74;
            '8': volts_B[mux]:= 84;
            '9': volts_B[mux]:= 94
           End;
        '5': Case canal_B[1] of
            '0': volts_B[mux]:= 5;
            '1': volts_B[mux]:= 15;
            '2': volts_B[mux]:= 25;
            '3': volts_B[mux]:= 35;
            '4': volts_B[mux]:= 45;
            '5': volts_B[mux]:= 55;
            '6': volts_B[mux]:= 65;
            '7': volts_B[mux]:= 75;
            '8': volts_B[mux]:= 85;
            '9': volts_B[mux]:= 95
           End;
         '6': Case canal_B[1] of
            '0': volts_B[mux]:= 6;
            '1': volts_B[mux]:= 16;
            '2': volts_B[mux]:= 26;
            '3': volts_B[mux]:= 36;
            '4': volts_B[mux]:= 46;
            '5': volts_B[mux]:= 56;
            '6': volts_B[mux]:= 66;
            '7': volts_B[mux]:= 76;
            '8': volts_B[mux]:= 86;
            '9': volts_B[mux]:= 96
           End;
        '7': Case canal_B[1] of
            '0': volts_B[mux]:= 7;
            '1': volts_B[mux]:= 17;
            '2': volts_B[mux]:= 27;
            '3': volts_B[mux]:= 37;
            '4': volts_B[mux]:= 47;
            '5': volts_B[mux]:= 57;
            '6': volts_B[mux]:= 67;
            '7': volts_B[mux]:= 77;
            '8': volts_B[mux]:= 87;
            '9': volts_B[mux]:= 97
           End;
         '8': Case canal_B[1] of
            '0': volts_B[mux]:= 8;
```

```
            '1': volts_B[mux]:= 18;
            '2': volts_B[mux]:= 28;
            '3': volts_B[mux]:= 38;
            '4': volts_B[mux]:= 48;
            '5': volts_B[mux]:= 58;
            '6': volts_B[mux]:= 68;
            '7': volts_B[mux]:= 78;
            '8': volts_B[mux]:= 88;
            '9': volts_B[mux]:= 98
          End;
      '9': Case canal_B[1] of
            '0': volts_B[mux]:= 9;
            '1': volts_B[mux]:= 19;
            '2': volts_B[mux]:= 29;
            '3': volts_B[mux]:= 39;
            '4': volts_B[mux]:= 49;
            '5': volts_B[mux]:= 59;
            '6': volts_B[mux]:= 69;
            '7': volts_B[mux]:= 79;
            '8': volts_B[mux]:= 89;
            '9': volts_B[mux]:= 99
          End
    End;
  5: Case canal_B[3] of
      '0': Case canal_B[2] of
            '0': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 100
                End;
            '1': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 110
                End;
            '2': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 120
                End;
            '3': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 130
                End;
            '4': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 140
                End;
            '5': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 150
                End
          End;
      '1': Case canal_B[2] of
            '0': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 101
                End;
            '1': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 111
                End;
            '2': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 121
                End;
            '3': Case canal_B[1] of
                  '1': volts_B[mux]:= 131
                End;
```

```
        '4': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 141
             End
      End;
  '2': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 102
             End;
        '1': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 112
             End;
        '2': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 122
             End;
        '3': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 132
             End;
        '4': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 142
             End
      End;
  '3': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 103
             End;
        '1': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 113
             End;
        '2': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 123
             End;
        '3': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 133
             End;
        '4': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 143
             End
      End;
  '4': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 104
             End;
        '1': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 114
             End;
        '2': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 124
             End;
        '3': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 134
             End;
        '4': Case canal_B[1] of
               '1': volts_B[mux]:= 144
             End
       End;
  '5': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
```

```
                '1': volts_B[mux]:= 105
            End;
        '1': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 115
            End;
        '2': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 125
            End;
        '3': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 135
            End;
        '4': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 145
            End
    End;
'6': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 106
            End;
        '1': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 116
            End;
        '2': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 126
            End;
        '3': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 136
            End;
        '4': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 146
            End
    End;
'7': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 107
            End;
        '1': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 117
            End;
        '2': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 127
            End;
        '3': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 137
            End;
        '4': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 147
            End
    End;
'8': Case canal_B[2] of
        '0': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 108
            End;
        '1': Case canal_B[1] of
                '1': volts_B[mux]:= 118
            End;
        '2': Case canal_B[1] of
```

```
                    '1': volts_B[mux]:= 128
                  End;
                '3': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 138
                  End;
                '4': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 148
                  End
              End;
            '9': Case canal_B[2] of
                '0': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 109
                  End;
                '1': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 119
                  End;
                '2': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 129
                  End;
                '3': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 139
                  End;
                '4': Case canal_B[1] of
                    '1': volts_B[mux]:= 149
                  End
              End
          End
        End;
      Read (fileLogger, caracter);
      Case caracter of
        '5'..'9': volts_B[mux]:= volts_B[mux] + 1
      End;
      Readln (fileLogger);
      mux:= mux + 1
    End;
  Repeat
    New (ponteiro);
    With ponteiro^ do
      Begin
        Ruido_A:= volts_A[mic] * Formula;
        Ruido_B:= volts_B[mic] * Formula;
      End;
    If primponteiro = nil then
      primponteiro:= ponteiro
    Else
      ultponteiro^.prox:= ponteiro;
    ultponteiro:= ponteiro;
    ultponteiro^.prox:= nil;
    mic:= mic + 1
  Until mic = 65
End;

Close (fileLogger);

If existe then
  Begin
    mux:= 2;
```

```
i:= 0;
firstmux:= false;
primmux:= false;
ponteiro:= primponteiro;
Assign (fileIdrisi, 'C:\DB(A).TXT');
Rewrite (fileIdrisi);
If (ponteiro^.Ruido_A = 150) AND (ponteiro^.Ruido_B = 150) then
  Begin
    firstmux:= true;
    primmux:= true
  End;
While (ponteiro <> nil) AND (mux < 33) do
  Begin
    If mux < 17 then
      While Not firstmux do
        Begin
          ponteiro:= ponteiro^.prox;
          If (ponteiro^.Ruido_A = 150) AND (ponteiro^.Ruido_B = 150) then
            firstmux:= true;
          i:= i + 1
        End;
    ponteiro:= ponteiro^.prox;
    With ponteiro^ do
      Begin
        Case mux of
          2: Begin
               Coord_X:= 5;
               Coord_Y:= 5
             End;
          3: Begin
               Coord_X:= 10;
               Coord_Y:= 5
             End;
          4: Begin
               Coord_X:= 15;
               Coord_Y:= 5
             End;
          5: Begin
               Coord_X:= 20;
               Coord_Y:= 5
             End;
          6: Begin
               Coord_X:= 25;
               Coord_Y:= 5
             End;
          7: Begin
               Coord_X:= 30;
               Coord_Y:= 5
             End;
          8: Begin
               Coord_X:= 35;
               Coord_Y:= 5
             End;
          9: Begin
               Coord_X:= 40;
               Coord_Y:= 5
             End;
```

```
10: Begin
     Coord_X:= 45;
     Coord_Y:= 5
   End;
11: Begin
     Coord_X:= 5;
     Coord_Y:= 10
   End;
12: Begin
     Coord_X:= 10;
     Coord_Y:= 10
   End;
13: Begin
     Coord_X:= 15;
     Coord_Y:= 10
   End;
14: Begin
     Coord_X:= 35;
     Coord_Y:= 10
   End;
15: Begin
     Coord_X:= 40;
     Coord_Y:= 10
   End;
16: Begin
     Coord_X:= 45;
     Coord_Y:= 10
   End;
18: Begin
     Coord_X:= 5;
     Coord_Y:= 20
   End;
19: Begin
     Coord_X:= 10;
     Coord_Y:= 20
   End;
20: Begin
     Coord_X:= 15;
     Coord_Y:= 20
   End;
21: Begin
     Coord_X:= 35;
     Coord_Y:= 20
   End;
22: Begin
     Coord_X:= 40;
     Coord_Y:= 20
   End;
23: Begin
     Coord_X:= 45;
     Coord_Y:= 20
   End;
24: Begin
     Coord_X:= 5;
     Coord_Y:= 25
   End;
25: Begin
```

```
        Coord_X:= 10;
        Coord_Y:= 25
      End;
  26: Begin
        Coord_X:= 15;
        Coord_Y:= 25
      End;
  27: Begin
        Coord_X:= 20;
        Coord_Y:= 25
      End;
  28: Begin
        Coord_X:= 25;
        Coord_Y:= 25
      End;
  29: Begin
        Coord_X:= 30;
        Coord_Y:= 25
      End;
  30: Begin
        Coord_X:= 35;
        Coord_Y:= 25
      End;
  31: Begin
        Coord_X:= 40;
        Coord_Y:= 25
      End;
  32: Begin
        Coord_X:= 45;
        Coord_Y:= 25
      End
End;
If mux < 17 then
  Begin
    Write (fileIdrisi, Coord_X);
    Write (fileIdrisi, ' ');
    Write (fileIdrisi, Coord_Y);
    Write (fileIdrisi, ' ');
    Write (fileIdrisi, Ruido_A)
  End
Else
  If mux = 17 then
    Begin
      ponteiro:= primponteiro;
      Repeat
        If Not primmux then
          ponteiro:= ponteiro^.prox;
        i:= i - 1
      Until i = 0
    End
  Else
    Begin
      Write (fileIdrisi, Coord_X);
      Write (fileIdrisi, ' ');
      Write (fileIdrisi, Coord_Y);
      Write (fileIdrisi, ' ');
      Write (fileIdrisi, Ruido_B)
```

```
            End
          End;
        If (mux <> 17) AND (mux < 32) then
          Writeln (fileIdrisi);
        mux:= mux + 1
      End;
    Close (fileIdrisi)
  End;

 Release (Heaptop);

 Halt

END.
```

(Fonte: Autor)