

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DUM EDIFÍCIO HOSPITALAR EM SERVIÇO

JOANA TRIGO DE MIRANDA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JULHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais e Irmã

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta dissertação é importante expressar o meu agradecimento a todos aqueles, que de alguma forma, me apoiaram e ajudaram durante este processo de aprendizagem e crescimento.

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Rui Calejo Rodrigues, pelo encorajamento e incentivo, pela confiança depositada e pelo acompanhamento e disponibilidade constantes.

De igual modo quero expressar o meu agradecimento aos colaboradores do NI&DEA, Eng.º Eduardo Afonso, Eng.º Pedro Rodrigues e Eng.ª Dóris Queirós, pelo apoio durante a realização dos ensaios no hospital e também aquando do tratamento dos dados obtidos.

Gostaria de expressar a minha gratidão ao Eng.º José Sousa, que sempre me acompanhou e recebeu prontamente no Hospital da Prelada, garantindo que tinha ao meu dispor todos os meios e informações de que necessitava para a realização deste trabalho. Não posso esquecer também os funcionários do hospital, quer da área da saúde, quer da área da manutenção, que me ajudaram durante a realização dos ensaios e dos questionários.

Uma palavra de agradecimento ao Eng.º Carlos Lino que tão carinhosamente me recebeu, sempre que quis debater questões relacionadas com o meu trabalho.

Um obrigado muito especial aos meus amigos que me acompanharam nesta jornada académica, proporcionando momentos inesquecíveis e um apoio constante, com especial atenção à Cátia e ao Tiago.

Finalmente quero expressar o meu enorme agradecimento e apreço aos meus pais e irmã, que sempre me apoiaram e incentivaram, permitindo-me concretizar este sonho.

RESUMO

Os hospitais, pelos serviços que oferecem e pelas especificidades construtivas, são edifícios que merecem um estudo metódico do seu estado, por exemplo, ao nível do comportamento acústico, pois é importante garantir todas as condições que beneficiem o processo de cura, sendo o ruído um fator negativo.

O objetivo principal deste trabalho passa por avaliar o comportamento acústico de edifícios hospitalares face às exigências da regulamentação atual, elegendo o Hospital da Prelada como caso de estudo. Além disso, é feita uma análise crítica da regulamentação, redigindo-se uma proposta de correção.

Na primeira parte do trabalho é feita uma revisão bibliográfica cobrindo a área da acústica e dos efeitos do ruído para a saúde humana, existindo também um capítulo referente ao hospital em estudo e à sua história.

De seguida faz-se uma crítica ao RRAE, assim como aos critérios de amostragem do LNEC, justificando-se a escolha dos locais ensaiados.

Os resultados obtidos experimentalmente dizem respeito a valores do índice de isolamento sonoro e do tempo de reverberação de diversos cenários, tendo-se também estudado três casos particulares associados a equipamentos: aparelho de ventilação, equipamento de climatização e gerador de emergência. Cumulativamente foi realizado um questionário junto dos utentes do hospital, para aferir a sua reação ao ruído a que estão expostos durante o internamento.

Foi possível concluir sobre os objetivos propostos, nomeadamente, levantando questões quanto à adequação das exigências presentes na legislação vigente, enquanto simultaneamente se correlacionaram os resultados dos ensaios e do questionário.

PALAVRAS-CHAVE: Acústica de Edifícios, Edifícios Hospitalares, Isolamento Sonoro, DL n.º 96/2008, Ensaio Acústico.

ABSTRACT

For its services and building characteristics, hospitals deserve, for example, a thorough study of its acoustical condition, because it is important to provide everything that will benefit patients' healing process and excessive noise can damage it.

The main objective of this work is to assess the acoustical behaviour of hospital buildings and compare it with today's legislation, choosing "Hospital da Prelada" as a case study. Besides that, the legislation is criticized and a correction proposal was written.

In the first part of the work is performed a literature review on acoustics and noise effects on human health. There is also a chapter about "Hospital da Prelada" and its history.

After that the RRAE and LNEC's sampling criteria are criticized, giving a justification for the compartments selected for the noise tests.

Values for the sound insulation index and reverberation time were obtained through noise tests, for different compartments, having also studied three cases associated with equipments: the ventilation device, the cooling equipment and the emergency generator. Besides that a survey was made among hospital users, valuing their reaction to the noise exposure during overnight accommodation.

Some conclusions were made regarding this work's objectives, primarily about the suitability of the legislation's requirements, while simultaneously correlating the results from the tests and from the questionnaire.

KEYWORDS: Building Acoustics, Hospital Buildings, Sound Insulation, DL n.º 96/2008, Noise Tests.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE QUADRO (OU TABELAS)	xv
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xvii

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. MOTIVAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS, ÂMBITO E METODOLOGIA.....	1
1.3. ENQUADRAMENTO	3
1.3.1. HISTÓRICO	3
1.3.2. SOCIAL	4
1.4. ESTRUTURA DA TESE	5

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 7

2.1. INTRODUÇÃO.....	7
2.2. BREVE HISTÓRIA DA ACÚSTICA.....	8
2.3. SÍNTESE DE CONCEITOS ACÚSTICOS.....	10
2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOM.....	10
2.3.1.1. Som versus Ruído.....	10
2.3.1.2. Nível de Pressão Sonora.....	11
2.3.1.3. Frequência	12
2.3.1.4. Nível Sonoro.....	14
2.3.1.5. Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente	15
2.3.2. TEMPO DE REVERBERAÇÃO	16
2.3.3. ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS	17
2.3.3.1. Isolamento Sonoro	17
2.3.3.2. Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão	17
2.3.3.3. Isolamento Sonoro a Ruídos Aéreos.....	19

2.3.3.4. Ruídos de Equipamentos e Instalações	21
2.4. RUÍDO HOSPITALAR.....	22
2.4.1. EFEITOS NOCIVOS PARA A SAÚDE	22
2.4.2. PRINCIPAIS FONTES DE RUÍDO	23
2.4.3. MEDIDAS DE CORREÇÃO E MELHORIA – PERSPETIVA GERAL	25
3. CASO DE ESTUDO – HOSPITAL DA PRELADA	27
3.1. INTRODUÇÃO	27
3.2. HISTÓRIA E FUNÇÃO DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DO PORTO	28
3.3. HOSPITAL DA PRELADA.....	30
3.3.1. HISTÓRIA.....	30
3.3.2. ORGANIZAÇÃO	31
4. REGULAMENTO DOS REQUISITOS ACÚSTICOS DOS EDIFÍCIOS.....	35
4.1. INTRODUÇÃO	35
4.2. EDIFÍCIOS HOSPITALARES E SIMILARES.....	36
4.3. PONTOS CRÍTICOS DO RRAE	38
4.3.1. ASPETOS GERAIS	38
4.3.2. DEFINIÇÃO DOS ESPAÇOS	39
4.3.3. QUADRO V	41
4.3.4. SÍNTESE DOS PONTOS CRÍTICOS.....	42
4.4. PROPOSTA DE ARTIGO PARA O RRAE.....	42
5. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO	47
5.1. CRITÉRIO DE AMOSTRAGEM.....	47
5.2. CARACTERIZAÇÃO DOS ENSAIOS	49
5.2.1. ENSAIO PARA MEDIÇÃO <i>IN SITU</i> DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS ENTRE COMPARTIMENTOS, $D_{NT,W}$	49
5.2.2. ENSAIO PARA MEDIÇÃO <i>IN SITU</i> DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS DE FACHADAS, $D_{2M,NT,W}$...	49
5.2.3. ENSAIO PARA MEDIÇÃO <i>IN SITU</i> DO ISOLAMENTO SONORO DE PAVIMENTOS A SONS DE PERCUSSÃO, $L'_{NT,W}$	50
5.2.4. ENSAIO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE EQUIPAMENTOS DE SERVIÇO EM EDIFÍCIOS, $L_{AR,NT}$	51

6. SÍNTESE E ANÁLISE DOS RESULTADOS	53
6.1. AVALIAÇÃO DA REAÇÃO DOS UTENTES	53
6.1.1. ESTRATÉGIA E OBJETIVOS	53
6.1.2. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	54
6.2. TRATAMENTO DOS DADOS DOS ENSAIOS	57
6.2.1. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS DO ELEMENTO DE FACHADA, $D_{Is,2m,nT,w}$	57
6.2.2. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS ENTRE COMPARTIMENTOS, $D_{nT,w}$	61
6.2.2.1. Quarto-Refeitório	61
6.2.2.2. Quarto-Circulação Interna	63
6.2.2.3. Quarto-Quarto	65
6.2.2.4. Gabinete Médico-Circulação Interna	67
6.2.2.5. Gabinete Médico-Sala de Convívio	69
6.2.2.6. Sala de Consulta-Sala de Consulta	71
6.2.2.7. Sala de Consulta-Circulação Interna	74
6.2.3. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO ISOLAMENTO SONORO DE PAVIMENTOS A SONS DE PERCUSSÃO, $L'_{nT,w}$	76
6.2.3.1. Gabinete Médico-Gabinete Médico	76
6.2.3.2. Quarto-Quarto	79
6.2.4. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO, T	82
6.2.4.1. Refeitório	82
6.2.4.2. Sala de Convívio	83
6.2.5. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE EQUIPAMENTOS DE SERVIÇO EM EDIFÍCIOS	84
6.2.5.1. Equipamento de Ventilação da Sala de Serviço Administrativo, $L_{A,r,nT}$	84
6.2.5.2. Equipamento de Climatização	86
6.2.5.3. Gerador de Emergência	89
6.2.6. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO INDICADOR DE RUÍDO DIURNO-ENTARDECER-NOTURNO, L_{DEN} , E DO INDICADOR DE RUÍDO NOTURNO, L_N	92
6.3. SÍNTESE DOS RESULTADOS	94

7. CONCLUSÃO	97
7.1. SÍNTESE GERAL	97
7.2. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

Anexos	107
A.1. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA REAÇÃO DOS UTENTES	107
A.2. MAPA DE ENSAIOS	111
A.3. BOLETINS DE ENSAIO	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 – Diagrama representativo do âmbito da tese	2
Fig. 1.2 – Diagrama representativo da metodologia usada nesta tese	2
Fig. 1.3 – Templo (<i>Asclepieion</i>) de Kos [3]	3
Fig. 1.4 – Atividades desenvolvidas pelas ONGA por domínios de gestão e proteção do ambiente, 2008 [4]	4
Fig. 2.1 – Representação gráfica da evolução do nível sonoro em hospitais [7]	7
Fig. 2.2 – Representação em planta do teatro grego existente em Epidaurus [13]	8
Fig. 2.3 – Teatro Romano de Mérida, Espanha (16-15 AC) [15]	9
Fig. 2.4 – Representação em corte do <i>Boston Symphony Hall</i> , EUA [13]	10
Fig. 2.5 – Escala do Nível de Pressão Sonora [19 – edição do autor]	12
Fig. 2.6 – Oscilogramas de sons com frequências diferentes [16]	13
Fig. 2.7 – Representação gráfica do crescimento e decaimento de um som numa sala reverberante (A - pressão sonora, em escala linear, vs tempo; B – nível de pressão sonora, em escala logarítmica, vs tempo) [21]	16
Fig. 2.8 – Transmissões por via direta (TD) e por via marginal (TL) [17]	17
Fig. 2.9 – Alcatifa [22]	18
Fig. 2.10 – Aplicação de teto falso [23]	18
Fig. 2.11 – Representação de corte esquemático de uma laje flutuante [24]	18
Fig. 2.12 – Transmissão sonora entre dois compartimentos laboratoriais contíguos [25]	20
Fig. 2.13 – Esquemas representativos de mudanças de direção no traçado de canalizações de água [20]	22
Fig. 2.14 – Fontes sonoras <i>versus</i> número de ocorrências no <i>Western General Hospital</i> [6 – tradução livre]	24
Fig. 2.15 – Fontes sonoras <i>versus</i> número de ocorrências no <i>Edinburgh Royal Infirmary</i> – ICU [6 – tradução livre]	24
Fig. 2.16 – Fontes sonoras <i>versus</i> número de ocorrências no <i>Edinburgh Royal Infirmary</i> – HDU [6 – tradução livre]	25
Fig. 3.1 – Armas da Santa Casa da Misericórdia do Porto [33]	28
Fig. 3.2 – Sede e Museu da Santa Casa da Misericórdia do Porto, na Rua das Flores [32]	29
Fig. 3.3 – Centro Hospitalar Conde de Ferreira [34]	29
Fig. 3.4 – Hospital da Prelada – duas vistas diferentes [35, 36]	30
Fig. 3.5 – Hospital da Prelada – duas vistas diferentes [35, 36]	30
Fig. 3.6 – Planta do piso 0 do Hospital da Prelada [37]	32

Fig. 3.7 – Planta do piso 1 do Hospital da Prelada [37].....	33
Fig. 3.8 – Planta do piso 2 do Hospital da Prelada [37].....	33
Fig. 3.9 – Planta dos pisos 4, 5 e 6 do Hospital da Prelada [37]	33
Fig. 6.1 – Pormenor do questionário preenchido e realizado junto dos utentes do Hospital da Prelada	53
Fig. 6.2 – Faixa etária dos inquiridos.....	54
Fig. 6.3 – Causas da dificuldade em dormir durante o internamento	55
Fig. 6.4 – Capacidade do utente ouvir certos fenómenos	56
Fig. 6.5 – Barulhos que mais incomodam os utentes do hospital em estudo	56
Fig. 6.6 – Interior do quarto particular estudado	58
Fig. 6.7 – Método gráfico para ajuste da curva real, $D_{ls,2m,nT}$, à curva de referência	59
Fig. 6.8 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	62
Fig. 6.9 – Corredor que serve o quarto estudado	63
Fig. 6.10 – Porta de entrada no quarto (local recetor)	63
Fig. 6.11 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	65
Fig. 6.12 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	67
Fig. 6.13 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	69
Fig. 6.14 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	71
Fig. 6.15 – Elemento envidraçado acima da padieira da porta do local recetor	71
Fig. 6.16 – Porta com grelha de ventilação no local emissor	71
Fig. 6.17 – Interior da sala de consultas.....	72
Fig. 6.18 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	73
Fig. 6.19 – Corredor em frente à zona das salas de consultas em estudo.....	74
Fig. 6.20 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência	76
Fig. 6.21 – Máquina de percussão utilizada nos ensaios	76
Fig. 6.22 – Interior do gabinete médico (local recetor)	76
Fig. 6.23 – Método gráfico para ajuste da curva real, L'_{nT} , à curva de referência	79
Fig. 6.24 – Interior do compartimento recetor.....	79
Fig. 6.25 – Método gráfico para ajuste da curva real, L'_{nT} , à curva de referência	81
Fig. 6.26 – Método gráfico representativo da determinação do $T_{500Hz-2kHz}$	82
Fig. 6.27 – Método gráfico representativo da determinação do $T_{500Hz-2kHz}$	83
Fig. 6.28 – Interior do open-space estudado (1).....	84
Fig. 6.29 – Interior do open-space estudado (2).....	84

Fig. 6.30 – Grelha de entrada de ar	84
Fig. 6.31 – Espectro sonoro do ruído analisado.....	86
Fig. 6.32 – Interior da sala de consultas.....	87
Fig. 6.33 – Equipamento de climatização fonte do ruído.....	87
Fig. 6.34 – Espectro sonoro do ruído analisado.....	89
Fig. 6.35 – Farmácia do piso -1.....	89
Fig. 6.36 – Equipamento estudado (gerador de emergência)	89
Fig. 6.37 – Porta em grelha em frente ao gerador.....	90
Fig. 6.38 – Vista da varada do quarto recetor	90
Fig. 6.39 – Espectro sonoro do ruído analisado para a farmácia.....	92
Fig. 6.40 – Espectro sonoro do ruído analisado para o quarto particular	92
Fig. 6.41 – Pormenor da planta de condicionantes do PDM do Porto ^[46]	93
Fig. 6.42 – Pormenor da montagem para realização do ensaio	93
Fig. 7.1 – Frincha entre a porta e o aro que a envolve	98

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 1.1 – Indicadores de saúde [5].....	5
Quadro 2.1 – Frequências segundo a banda de 1/1 oitava e 1/3 de oitava [17]	14
Quadro 2.2 – Valores numéricos das ponderações da curva A, por banda de frequência [17].....	15
Quadro 2.3 – Dez principais fontes de ruído e respetivo número de ocorrências [6].....	23
Quadro 4.1 – Definição dos espaços presentes no artigo 8.º do RRAE (Quadro V)	40
Quadro 4.2 – Exemplos de erros existentes no Quadro V do RRAE	41
Quadro 4.3 – Proposta de correção do Quadro V do RRAE	42
Quadro 6.1 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	57
Quadro 6.2 – Processo de iteração para determinar $D_{ls,2m,nT,w}$	59
Quadro 6.3 – Níveis de pressão sonora, L_{ij} , dB para cálculo dos termos de adaptação espectral [45] ...	60
Quadro 6.4 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	61
Quadro 6.5 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	62
Quadro 6.6 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	63
Quadro 6.7 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	64
Quadro 6.8 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	66
Quadro 6.9 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	66
Quadro 6.10 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	68
Quadro 6.11 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	68
Quadro 6.12 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	70
Quadro 6.13 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	70
Quadro 6.14 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	72
Quadro 6.15 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	73
Quadro 6.16 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	74
Quadro 6.17 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$	75
Quadro 6.18 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	77
Quadro 6.19 – Processo de iteração para determinar $L'_{nT,w}$	78
Quadro 6.20 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio.....	80
Quadro 6.21 – Processo de iteração para determinar $L'_{nT,w}$	81
Quadro 6.22 – Processo de cálculo do $T_{500Hz-2kHz}$	82
Quadro 6.23 – Processo de cálculo do $T_{500Hz-2kHz}$	83
Quadro 6.24 – Níveis médios sonoros e tempo de reverberação médio.....	85

Quadro 6.25 – Níveis médios sonoros	88
Quadro 6.26 – Níveis médios sonoros da farmácia.....	90
Quadro 6.27 – Níveis médios sonoros do quarto particular.....	91
Quadro 6.28 – Resultados dos ensaios a sons aéreos	94
Quadro 6.29 – Resultados dos ensaios a sons de percussão.....	95
Quadro 6.30 – Resultados dos ensaios ao tempo de reverberação.....	95
Quadro 6.31 – Resultados do ensaio ao nível de avaliação do ruído particular de equipamentos	95
Quadro 6.32 – Resultados do critério de incomodidade	96
Quadro 6.33 – Resultados dos ensaios ao ruído ambiente exterior proveniente da VCI	96

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

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

Hz – hertz

Pa – pascal

dB – decibel

L_p – nível de pressão sonora (dB)

p – pressão (Pa)

f – frequência (Hz)

L_A – nível sonoro [dB(A)]

L_{eq} – nível de pressão sonora contínuo equivalente (dB)

L_{Aeq} – nível sonoro contínuo equivalente [dB(A)]

T – tempo de reverberação (s)

$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$ – tempo de reverberação, média das frequências medida nas bandas de oitava dos 500 Hz aos 2 kHz (s)

A – Absorção sonora equivalente (m^2)

α – coeficiente de absorção sonora do material

S – superfície real do material (m^2)

V – volume interior do espaço em causa (m^3)

$L_{nT,w}$ – índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão em laboratório (dB)

$L'_{nT,w}$ – índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão *in situ* (dB)

L'_{nT} – isolamento sonoro a ruído de percussão, *in situ* (dB)

R – redução sonora (dB)

D – isolamento sonoro a sons aéreos bruto (dB)

D_{nT} – isolamento sonoro a sons aéreos padronizado (dB)

$D_{nT,w}$ – índice de isolamento sonoro a sons aéreos padronizado (dB)

$D_{2m,nT}$ – isolamento sonoro a sons aéreos padronizado, com o exterior (dB)

$D_{2m,nT,w}$ – índice de isolamento sonoro a sons aéreos padronizado, com o exterior (dB)

$D_{Is,2m,nT}$ – isolamento sonoro a sons aéreos padronizado, com o exterior, utilizando um altifalante como fonte sonora (dB)

$D_{Is,2m,nT,w}$ – índice de isolamento sonoro a sons aéreos padronizado, com o exterior, utilizando um altifalante como fonte sonora (dB)

n – número de posições do microfone

L_{RF} – nível médio de pressão sonora do ruído de fundo (dB)

L_1 – nível médio de pressão sonora no emissor (dB)

L_2 – nível médio de pressão sonora no recetor (dB)

L_{sb} – nível do sinal e do ruído de fundo combinados (dB)

L_b – nível do ruído de fundo (dB)

C – termo de adaptação espectral, usando ruído rosa (dB)

C_{tr} – termo de adaptação espectral, usando ruído de tráfego (dB)

X_w – índice de isolamento sonoro calculado (dB)

X_i – valores do isolamento sonoro padronizado por banda de frequência i (dB)

L_{ij} – níveis de pressão sonora para a banda de frequências i e espectro j (dB)

$L_{Ar,nT}$ – nível de avaliação do ruído particular de equipamentos do edifício [dB(A)]

K_{tonal} – componente tonal do ruído [dB(A)]

$K_{impulsivo}$ – componente impulsiva do ruído [dB(A)]

X – parâmetro de valor variável consoante o período do dia em estudo

D – parâmetro de valor variável, dependendo da percentagem q do tempo de emergência do ruído em estudo

$L_{Aeq,ruído particular}$ – nível sonoro contínuo equivalente medido com o equipamento em funcionamento [dB(A)]

$L_{Aeq, ruído residual}$ – nível sonoro contínuo equivalente medido com o equipamento desligado [dB(A)]

q – tempo de emergência (%)

L_d – indicador de ruído diurno (7h às 20h), em dB(A)

L_e – indicador de ruído do entardecer (20h às 23h), em dB(A)

L_n – indicador de ruído noturno (23h às 7h), em dB(A)

L_{den} – indicador de ruído diurno-entardecer-noturno [dB(A)]

RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ONGA – Organizações Não Governamentais de Ambiente

ITE – Informação Técnica de Edifícios

HQS – Health Quality Service

RGR – Regulamento Geral do Ruído

CR – Curva de Referência

NI&DEA – Núcleos de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Acústica

PDM – Plano Diretor Municipal

VCI – Via de Cintura Interna

1

INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO

Será que os hospitais ao serviço da população cumprem os requisitos acústicos legislados? Será que os utentes, pacientes e corpo médico valorizam esses requisitos?

Um edifício hospitalar possui características e especificidades únicas, quando comparado com outros tipos de edifícios, nomeadamente, edifícios de habitação ou de serviços. O grau de exigência é mais elevado por se tratar de um local que em geral está ao serviço da população, onde se realizam tratamentos e procedimentos relacionados com a saúde humana. Pelo facto de receberem pessoas numa situação difícil e delicada, é importante garantir um ambiente acústico de repouso que propicie uma boa recuperação, sem esquecer que mesmo quando não se verifica o internamento do utente, é necessário garantir a privacidade, para que pessoas estranhas ao paciente não ouçam o que é dito ao médico.

A Acústica de Edifícios pretende proporcionar condições de conforto acústico aos ocupantes de um dado edifício, uma vez que o ruído em geral, independentemente de se situar ou não na gama do audível, causa impactes no corpo.

Do ponto de vista do autor, a avaliação do desempenho acústico dos edifícios, principalmente daqueles com maior impacte na sociedade, como é o caso dos hospitais, é uma temática de elevado interesse. Este é um dos campos nos quais os conhecimentos na área da Engenharia podem ser colocados ao serviço do bem-estar da população, evitando cenários de ruído elevado que condicionam o rendimento no trabalho e a saúde das pessoas, criando condições de privacidade e promovendo a inteligibilidade da palavra.

1.2. OBJETIVOS, ÂMBITO E METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo principal estudar o comportamento acústico de edifícios hospitalares à luz da legislação acústica atual, mesmo aqueles que foram edificados antes da entrada em vigor do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). Toma-se como caso de estudo o Hospital da Prelada.

A metodologia adotada consiste em realizar ensaios em locais tipo, comparando as exigências regulamentares com os resultados obtidos. Os artigos do referido regulamento são também analisados segundo uma ótica crítica face à sua aplicabilidade e adequação às condições realmente existentes. Para isso combinam-se os resultados de um questionário realizado aos utentes deste tipo de edifício, com os resultados dos ensaios, procurando detetar erros e/ou situações com exigências desadequadas na legislação.

A figura 1.1 apresenta as áreas abordadas nesta dissertação de um ponto de vista mais geral para um mais particular.

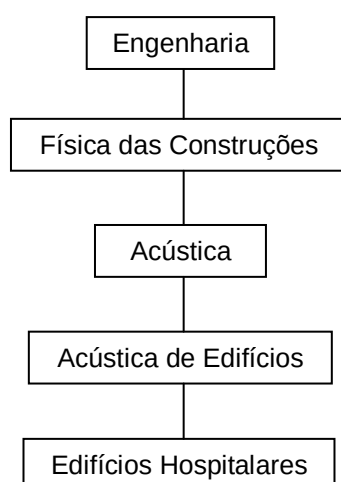


Fig. 1.1 – Diagrama representativo do âmbito da tese

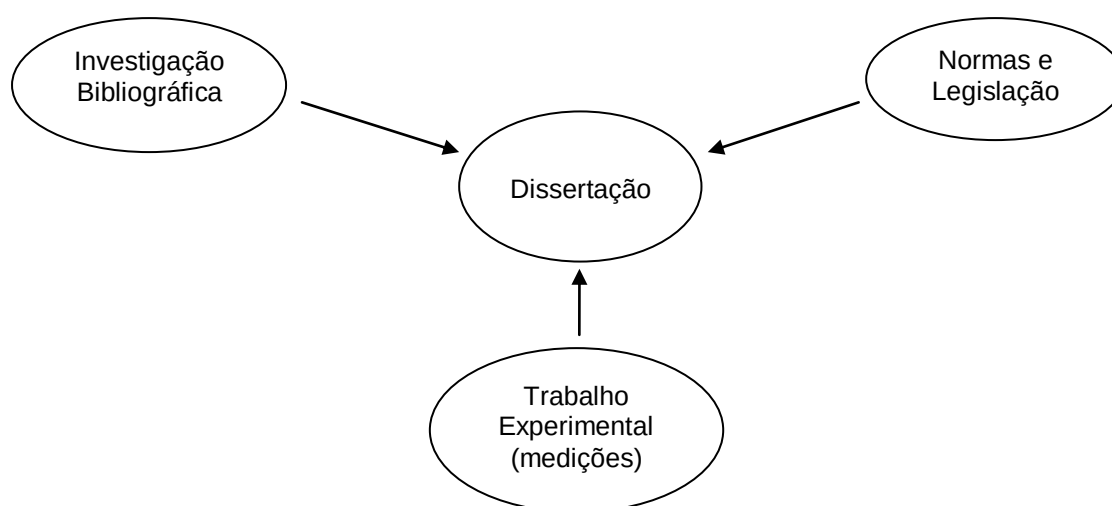


Fig. 1.2 – Diagrama representativo da metodologia usada nesta tese

A figura 1.2 retrata a metodologia utilizada durante a realização deste trabalho, ou seja, para discutir a acústica hospitalar é necessário combinar diferentes componentes, nomeadamente, a abordagem científica através da investigação bibliográfica, a consulta e análise da legislação e normas aplicáveis e a realização de medições através do trabalho experimental *in situ*.

Para proceder à realização de ensaios no âmbito dos ruídos de percussão, de condução aérea ou devido a equipamentos e instalações, é necessário seguir um critério de amostragem com base nas orientações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), selecionando espaços representativos do hospital, uma vez que a análise não poderá ser feita a todo o edifício devido à sua dimensão e complexidade.

1.3. ENQUADRAMENTO

1.3.1. HISTÓRICO

Este subcapítulo é redigido com base em informação disponibilizada pela referência [1].

A palavra hospital deriva do latim *hospitale* que significa “casa para hóspedes”, pois na Idade Média os hospitais, além de possuírem uma vertente educativa (hospitais-escola) e de cuidado dos doentes, eram lugares de acolhimento para pobres e peregrinos. [1, 2]

Ao longo da história os hospitais foram sendo fundados e financiados por ordens religiosas e por pessoas e líderes caridosos, sendo que os cuidados de saúde eram prestados por religiosos ou por voluntários.

Na Grécia Antiga (1200 a 400 AC) existiam templos dedicados ao deus Asclépio onde os cidadãos eram atendidos e tratados com ervas, banhos térmicos, atividades de lazer, cirurgias simples ou com a indução de sonhos reveladores durante os quais recebiam indicações dos deuses. Estes templos/clínicas (*Iatreion* em grego) situavam-se no centro da cidade e disponibilizavam camas para os doentes e banheiros.

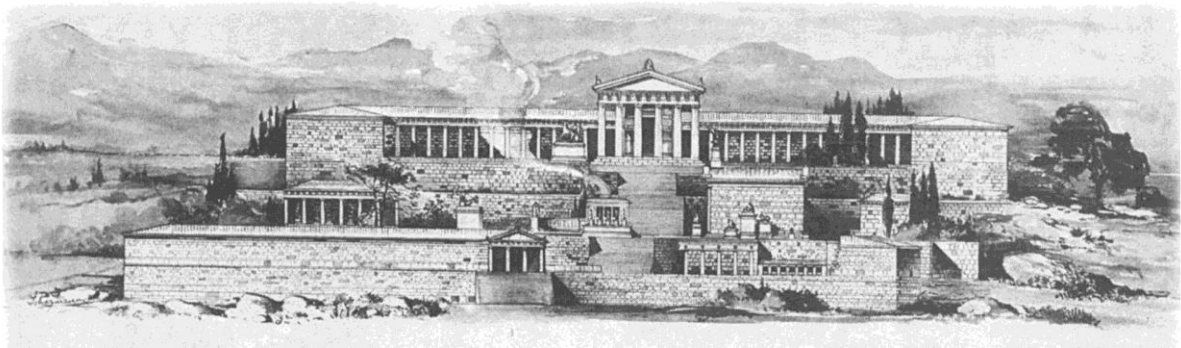


Fig. 1.3 – Templo (*Asclepieion*) de Kos [3]

O primeiro hospital-escola, de que há registo, a autorizar os estudantes a praticar medicina sob a orientação de um físico/mentor, como parte da sua educação, situava-se no Império Persa.

Durante o Império Romano (27 AC a 476 DC) existiram hospitais chamados *Valetudinarium* destinados a tratar os soldados, os escravos e os gladiadores.

Com a expansão do Cristianismo, aumentou o número de hospitais que possibilitavam cuidados de saúde segundo a doutrina de Jesus Cristo.

No século VII construiu-se o primeiro *Hôtel-Dieu* em Paris, que consistia numa instituição onde era oferecida hospedagem aos peregrinos e cuidados de saúde aos doentes pelas mãos de monges e freiras, possuindo um elevado carácter religioso. O *Hôtel-Dieu de Québec* foi o primeiro hospital fundado a norte do México (em 1639), enquanto o primeiro hospital construído no Continente Americano, em 1503, se situava na República Dominicana.

Durante o século XV verifica-se a separação do hospital medieval em duas instituições distintas, uma para cuidar dos pacientes e outra, com propósitos de caridade, que cuidava dos pobres e órfãos.

No século XVIII começaram a surgir os hospitais modernos onde os cuidados de saúde eram prestados por físicos e cirurgiões, sendo que a palavra “triagem” só apareceu no início do século XIX, como forma de classificar os feridos de guerra ao servido de Napoleão Bonaparte.

Atualmente os hospitais são pensados para minimizar o tempo de transporte dos pacientes e facilitar a sua deslocação, minimizar o risco de contaminação e contágio, enquanto também se tenta aumentar a eficiência do sistema global. A procura de soluções que criem um ambiente mais agradável para os pacientes também tem estado muito presente, por exemplo, através da escolha das vistas dos quartos, das cores utilizadas na decoração e da presença de “ar puro” proveniente do exterior.

Ao longo dos séculos não existem referências ao comportamento acústico deste tipo de edifícios.

1.3.2. SOCIAL

Apesar da crescente preocupação com o ruído ambiental e em edifícios, os esforços realizados são ainda reduzidos quando comparados com a proteção de outras áreas do ambiente, como se verifica pela análise da figura 1.4. Em 2008 totalizaram-se 64 atividades desenvolvidas pelas Organizações Não Governamentais de Ambiente (ONGA) no campo da proteção contra o ruído e as vibrações, enquanto que em 2009 já foram 106 atividades. [4]

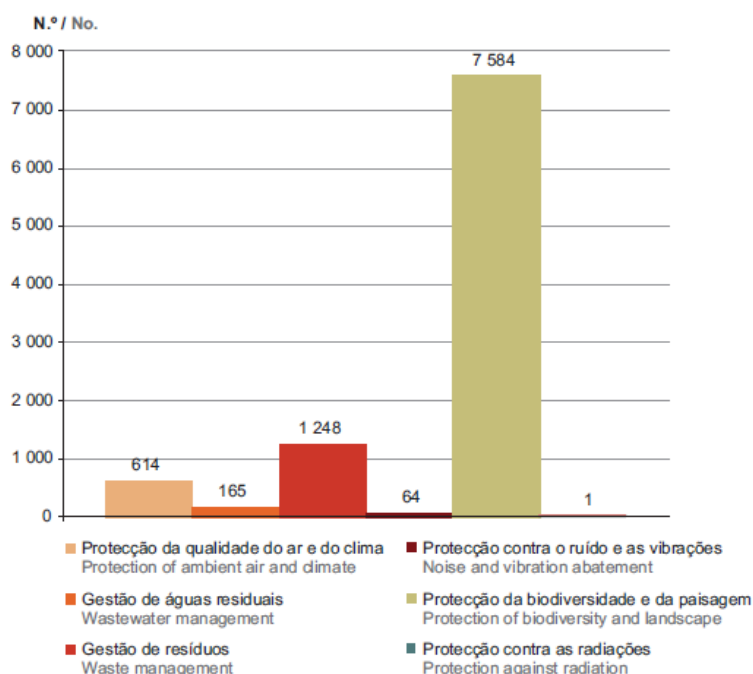


Fig. 1.4 – Atividades desenvolvidas pelas ONGA por domínios de gestão e proteção do ambiente, 2008 [4]

Relativamente às despesas associadas à proteção contra ruídos e vibrações, também aqui os valores são reduzidos, mas com uma tendência crescente de ano para ano (0,07% da despesa total em 2008 e 0,09% da despesa total em 2009). [5]

Só através de aumentos nos gastos com a proteção contra o ruído é que é possível adequar os edifícios às exigências vigentes, convertendo-os em espaços com o conforto necessário. Esta preocupação é

ainda mais importante quando estão em causa edifícios com elevado peso social, como é o caso dos hospitais. Através do quadro 1.1 é possível analisar a variação do número de internamentos por mil habitantes e o número de consultas por habitante, ano a ano. Pode-se concluir que os hospitais são equipamentos sociais muito utilizados, com uma taxa de ocupação das camas disponíveis próxima dos 80%. [5]

Quadro 1.1 – Indicadores de saúde [5]

	Internamentos por 1000 habitantes	Intervenções de grande e média cirurgia por dia nos estabelecimentos de saúde	Consultas por habitante	Camas (lotação praticada) por 1000 habitantes nos estabelecimentos de saúde	Taxa de ocupação de camas nos estabelecimentos de saúde
	N.º				%
Portugal					
1990	108,8	969,9	3,0	4,3	72,9
1995	114,7	1094,5	3,2	4,0	74,3
2000	114,6	1593,7	3,5	3,9	75,3
2005	116,5	1938,8	3,8	3,6	75,4
2006	115,2	2087,3	3,9	3,5	76
2007	117,8	2 222,6	4,1	3,5	76,8
2008	116,6	2 420,1	4,4	3,4	76,9
2009					
Portugal	113,9	2 513,6	4,0	3,4	77,5
Continente	113,6	2 448,9	4,1	3,2	77,7
Norte	113,0	963,3	3,9	2,9	77,6
Centro	105,9	514,6	4,0	3,4	74,9
Lisboa	134,6	780,1	4,5	4,0	78,9
Alentejo	73,7	112,2	4,6	2,2	78,4
Algarve	94,2	78,7	3,5	2,1	88,0
R. A. Açores	131,9	36,0	2,3	7,3	73,6
R. A. Madeira	105,9	28,7	2,6	6,8	77,8

Com base nos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística sabe-se também que o número total de internamentos ronda os 1.220.000/ano, com o respetivo número de dias de internamento a rondar os 10.200.000/ano, o que resulta numa média de 8 dias por internamento. O corpo médico (médicos e enfermeiros) correspondia, em 2009, a 123.310 pessoas, valor que aumenta de ano para ano. [5]

Esta informação estatística vem demonstrar a importância de se melhorarem as condições acústicas dos edifícios hospitalares, não só tendo em conta a população servida, nomeadamente através do número de internamentos e número de consultas, mas também a percentagem de população que trabalha na área da saúde, estando exposta diariamente ao ruído existente nos hospitais. [5]

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese encontra-se dividida em 7 capítulos, tentando desta forma abordar a questão duma perspetiva mais geral para uma mais particular.

O primeiro capítulo é referente à Introdução, sendo apresentada a motivação associada a este tema, bem como os objetivos, enquadramento e estrutura da tese.

No segundo capítulo encontra-se a síntese de conceitos acústicos, que têm alguma importância na compreensão do tema estudado, além de se abordar a questão do ruído hospitalar do ponto de vista dos efeitos nocivos para a saúde humana.

O terceiro capítulo consiste na apresentação do Hospital da Prelada, caso de estudo desta tese, e respetiva organização espacial através da consulta de plantas disponibilizadas pelo hospital. É ainda feita uma breve referência à história da Santa Casa da Misericórdia.

No quarto capítulo aborda-se o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) de um ponto de vista histórico e crítico, apontando os aspetos que podem conduzir a situações de erro. Esta análise incide sob o artigo 8.º do referido regulamento, apresentando-se uma proposta de correção no final do capítulo.

O quinto capítulo apresenta o critério de amostragem elaborado com base nas orientações do LNEC, sendo também feito um pequeno resumo explicativo dos ensaios realizados, os quais cumprem as normas NP EN ISO vigentes.

No sexto capítulo apresenta-se o questionário desenvolvido junto dos utentes do referido hospital, procurando conhecer o nível de incómodo face ao ruído existente. Além disso, são também apresentados e analisados os resultados dos ensaios efetuados, procurando verificar se os valores determinados cumprem a legislação.

O capítulo final apresenta um resumo das conclusões que é possível retirar da análise do desempenho acústico efectuada ao Hospital da Prelada. Apresentam-se também as perspectivas de desenvolvimento futuro.

2

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

2.1. INTRODUÇÃO

A questão do ruído em edifícios hospitalares tem vindo a ser amplamente discutida na comunidade científica, com maior contribuição por parte da comunidade médica pois, como MacKenzie e Galbrun (BSERT, 2007; 117) dizem: [6]

“Em edifícios de cuidados de saúde, o ruído é frequentemente visto como uma das grandes áreas de preocupação, uma vez que é responsável pela má qualidade do sono em pacientes, altos níveis de stress nos pacientes e corpo médico e, possivelmente, aumento dos erros médicos como consequência do stress e da baixa inteligibilidade da palavra. Também se pensa que este efeito nocivo pode, em casos extremos, atrasar o processo de cura.” (tradução do autor)

Esta preocupação é justificada se se tiver em conta que o ruído em hospitais passou, em média, de 57 dB(A) em 1960 para 72 dB(A) em 2005, durante o período diurno, e de 42 dB(A) em 1960 para 60 dB(A) em 2005, durante o período noturno, segundo um estudo realizado num hospital americano. [7]

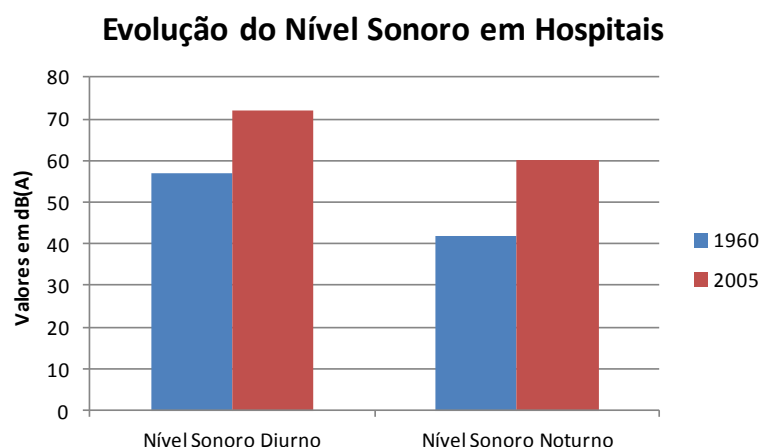


Fig. 2.1 – Representação gráfica da evolução do nível sonoro em hospitais, segundo um estudo americano [7]

Inúmeros estudos foram desenvolvidos com o objetivo de analisar o desempenho acústico de um dado edifício hospitalar, como por exemplo os casos de Carvalho e Pereira (1998) [8] e Diniz *et al.* (2007) [9] que estudaram, respetivamente, Hospitais Portugueses, como o Hospital S. João, e Hospitais Brasileiros em Belo Horizonte, chegando-se à conclusão, em ambos os casos, que os valores medidos superam

os valores legislados, retratando cenários de ruído elevado que podem interferir, por exemplo, com a capacidade auditiva dos recém-nascidos quando estes permanecem durante algum tempo numa Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais (UCIN). No entanto, e relativamente ao Hospital da Prelada, até ao momento não foi desenvolvida nenhuma avaliação do seu desempenho acústico.

No que toca a edifícios com outro tipo de função, como escolas e locais de culto, também foram feitos diversos estudos, pois nestes casos a inteligibilidade da palavra tem um papel muito importante. O ruído elevado afeta a capacidade das crianças compreenderem e aprenderem, além de afetar os professores a nível físico (hipertensão e cansaço) e psicológico (irritabilidade).^[10] No que toca a locais de culto, a inteligibilidade da palavra também é de extrema importância, pois deverá apresentar um valor elevado para que todos os presentes consigam compreender o que é dito durante os rituais religiosos.

^[11]

2.2. BREVE HISTÓRIA DA ACÚSTICA

Segundo o *Dictionary of Architecture and Construction* (2006; 8), a Acústica é a ciência do som, incluindo a geração, transmissão e efeito das ondas sonoras.^[12] Esta, em conjunto com a Arquitetura dos espaços, influenciou e foi influenciada pelas artes em geral, quer seja no domínio da Música ou do Teatro.^[13]

Na Grécia Antiga descobriu-se que, tendo em conta a direccionalidade da voz humana e a inteligibilidade da palavra, a melhor forma de organizar o público de um dado espetáculo ou palestra seria segundo uma forma semi-circular em frente do orador (ver figura 2.2). Desta forma se conclui que os gregos já possuíam noções de Acústica, mesmo que de uma forma empírica.^[13]

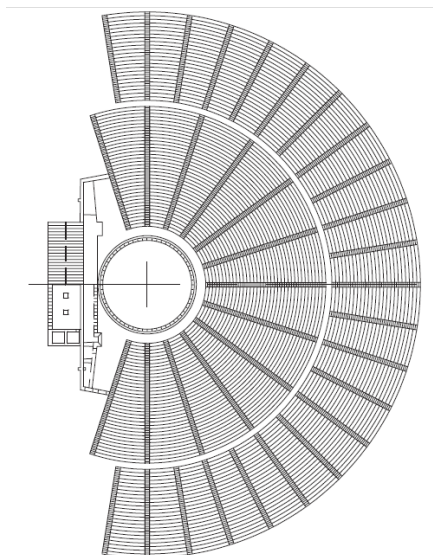


Fig. 2.2 – Representação em planta do teatro grego existente em Epidauros ^[13]

Segundo Barron (2003) ^[14], foi o filósofo grego Pitágoras (570-497 AC) que descobriu a relação entre o comprimento das cordas de um dado instrumento e a frequência do som emitido, ou seja, comparando duas cordas, quanto mais curta fosse mais agudo seria o som.

No livro *De Architectura* de Vitruvius Pollio estão reunidos os conhecimentos existentes sobre a arquitetura romana e grega, verificando-se uma preocupação com a acústica dos espaços, principalmente dos teatros. Vitruvius refere a existência de uns vasos com a abertura voltada para o palco e que deveriam funcionar como ressoadores, melhorando as condições acústicas dos teatros. [13]



Fig. 2.3 – Teatro Romano de Mérida, Espanha (16-15 AC) [15]

Desde a Antiguidade Clássica até ao Renascimento poucos avanços foram feitos na área da Acústica, no entanto, Galileo Galilei (1564-1642) e Marin Mersenne (1588-1648), entre outros, descobriram relações quantitativas entre a frequência de vibração de uma corda, o seu comprimento, tensão e densidade. [13]

Em 1687, Sir Isaac Newton desenvolveu uma equação matemática que permitia calcular a velocidade de propagação das ondas sonoras, no entanto, o resultado obtido ($c=288$ m/s) estava errado, uma vez que Newton não considerou que o som é transmitido de forma adiabática. Foi Pierre Simon Laplace que propôs a equação correta em 1816, sendo que em 1738 a Academia Francesa de Ciências já havia determinado a velocidade de propagação das ondas sonoras para uma temperatura de 0°C ($c=333$ m/s).

[13, 14]

No século XIX, mais precisamente em 1877, Lord Rayleigh publicou o livro *Theory of Sound*, onde se encontram reunidos os trabalhos dos pioneiros desta área, além das suas próprias descobertas, tratando-se de um documento com informação utilizada ainda nos dias de hoje. [13]

No início do século XX, Wallace Clement Sabine desenvolveu estudos na área da Acústica de Edifícios, a pedido de Charles Eliot, 21º Presidente da Universidade de Harvard, com o objetivo de melhorar as condições acústicas do auditório do *Fogg Art Museum*, tendo determinado a fórmula do tempo de reverberação, além de elaborar a primeira teoria sobre a absorção sonora dos materiais. Sabine foi também consultor acústico durante a construção do *Boston Music Hall*, atualmente *Boston Symphony Hall*, garantindo um tempo de reverberação de 1,8 segundos, o que tornou este auditório num dos melhores do mundo até hoje. [13]

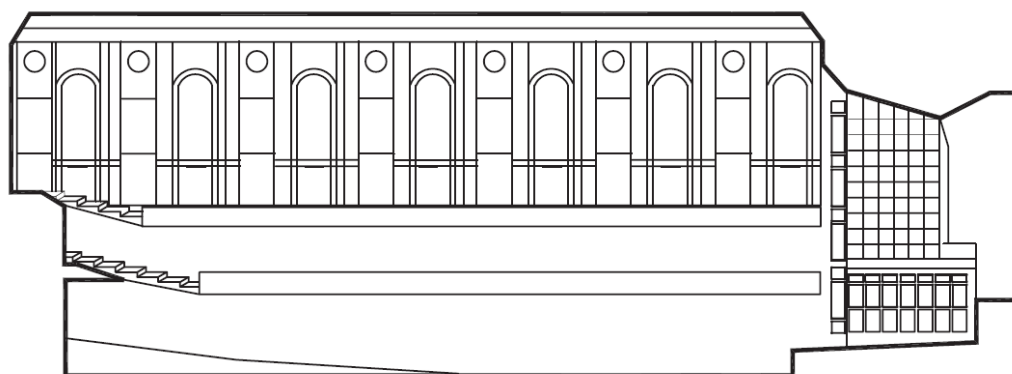


Fig. 2.4 – Representação em corte do *Boston Symphony Hall*, EUA [13]

Durante a Segunda Guerra Mundial, as preocupações ao nível das comunicações em ambientes ruidosos, como tanques e aviões, levaram ao aumento dos estudos desenvolvidos nesta área, nomeadamente em dois laboratórios na Universidade de Harvard. [14]

No século XX a Acústica Arquitetónica foi reconhecida como ciência (1960-70), tendo-se desenvolvido princípios aplicados a grandes salas de concerto com o objetivo de melhor o seu *design*, assim como as suas condições acústicas. Foi também neste século que surgiram os equipamentos eletroacústicos mais utilizados atualmente, como os microfones, auscultadores e sonómetros. [13]

Com as evoluções verificadas no século XXI, em particular no domínio Eletroacústico, é possível criar condições acústicas nas salas das habitações do cidadão comum, que possibilitam experiências de qualidade igual ou superior às vividas numa sala de concertos e/ou auditório.

2.3. SÍNTESE DE CONCEITOS ACÚSTICOS

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DO SOM

2.3.1.1. Som *versus* Ruído

O som é uma alteração da pressão que se propaga através de um meio elástico, normalmente o ar, e que pode ser detetado pelo sistema auditivo. A sua velocidade de propagação depende do meio em que se desloca, sendo que ao contrário da luz, não se consegue propagar no vazio. [12, 16, 17]

Por outro lado, o ruído é uma alteração da pressão que é desagradável para o ouvinte ou que interfere com a sua capacidade de comunicação e/ou audição, estando também associado a situações de dor e lesão no sistema auditivo. Assim sendo, os conceitos de som e ruído distinguem-se pelo facto de o primeiro ser agradável e ter significado para o ouvinte, enquanto que o segundo é o oposto. [12, 17]

É importante salientar que tal diferenciação tem uma componente subjetiva pois, por exemplo, o alarme de um dado despertador terá significado para a pessoa que o programou, mas não para potenciais vizinhos que sejam perturbados.

2.3.1.2. Nível de Pressão Sonora

Dentro da gama de pressões captadas pelo ouvido humano, existem dois valores a salientar: o limiar da audição e o limiar da dor. O primeiro corresponde à pressão eficaz mais baixa, captada para uma frequência de 1 kHz, e toma o valor de 2×10^{-5} Pa, enquanto que o outro valor corresponde a 100 Pa e retrata um cenário de dor. Uma vez que se trata de uma gama de pressões tão vasta (aproximadamente 10^7 Pa), a aplicação de uma escala linear conduziria a valores elevados e muito diferentes. [16, 17, 18]

Assim sendo, e tendo também em conta que o sistema auditivo não responde de forma linear aos estímulos que recebe, mas sim de forma logarítmica, adotou-se uma escala logarítmica para representar a pressão sonora, expressa em *decibel* (dB). Nesta escala, o limiar da audição corresponde a 0 dB enquanto o limiar da dor apresenta o valor de 140 dB, aproximadamente. [16, 17, 18]

O nível de pressão sonora, L_p , é calculado pela equação (2.1), permitindo deste modo situar um dado valor da pressão eficaz, p , na escala logarítmica, tendo em atenção que a pressão sonora de referência, p_0 , vale 2×10^{-5} Pa. [16, 17, 18]

$$L_p = 20 \times \log\left(\frac{p}{p_0}\right) = 10 \times \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) \quad (2.1)$$

No caso de se pretender somar diferentes níveis de pressão sonora, recorre-se à equação (2.2).

$$L_{soma} = 10 \times \log\left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}}\right) \quad (2.2)$$

A figura 2.5 retrata uma escala logarítmica do nível de pressão sonora, além de apresentar exemplos de situações que originam determinados valores do referido nível.



Fig. 2.5 – Escala do Nível de Pressão Sonora [19 – edição do autor]

2.3.1.3. Frequência

Além da pressão sonora e da duração do ruído, é necessário conhecer a frequência para poder descrever um sinal sonoro. Esta caracteriza-se como o número de oscilações da pressão sonora, por segundo, e é medida em *hertz*, em homenagem ao físico Heinrich Hertz. [16, 17]

“A frequência depende da frequência de vibração da fonte sonora e é independente do meio através do qual se dá a transmissão sonora, para transmissões não-dissipativas”.

(Barron, 2003; 24 – tradução do autor) [14]

Olhando para a figura 2.6 é possível analisar os oscilogramas de dois sons de frequências diferentes, ou seja, os diagramas que retratam a variação da pressão sonora em função do tempo, concluindo-se desta forma que para um som de 10 Hz ocorrem mais ciclos por segundo do que para um de 1 Hz.

A frequência, em *hertz*, também poderá ser calculada se se conhecer o valor do período, T , em segundos, recorrendo para isso à equação (2.3).

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.3)$$

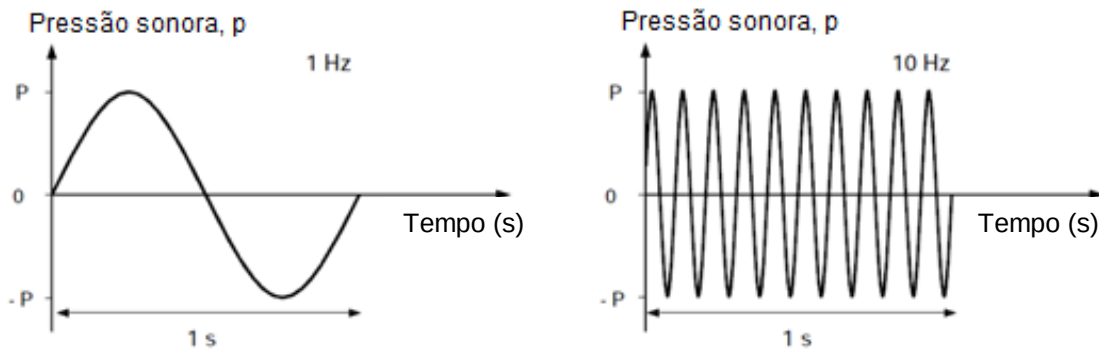


Fig. 2.6 – Oscilogramas de sons com frequências diferentes [16]

O ouvido humano, no cenário de um jovem com audição normal, capta sinais sonoros situados entre os 20 Hz e os 20 kHz, sendo que sons de frequência inferior ou superior são denominados de infrassons e ultrassons, respetivamente. Em Acústica de Edifícios é normal distinguir três zonas principais de frequências: [17]

- Frequências graves: 20 a 355 Hz;
- Frequências médias: 355 a 1.410 Hz;
- Frequências agudas: 1.410 a 20.000 Hz.

Em relação às bandas de frequência, é usual caracterizá-las como um agrupamento de frequências entre um limite inferior, f_1 , e um limite superior, f_2 , sendo que o valor médio, f_0 , corresponde à frequência central e pode ser calculado através da equação (4). [17]

$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (2.4)$$

Em Acústica de Edifícios é usual trabalhar com as bandas de frequência com as larguras de 1/1 oitava e 1/3 de oitava, sendo que a largura de uma banda retrata a diferença entre os valores dos seus extremos. [17]

Quadro 2.1 – Frequências segundo a banda de 1/1 oitava e 1/3 de oitava [17]

Banda de 1/3 de oitava (Hz)	Banda de 1/1 oitava (Hz)	Banda de 1/3 de oitava (Hz)	Banda de 1/1 oitava (Hz)
25		800	
31	31	1.000	1.000
40		1.250	
50		1.600	
63	63	2.000	2.000
80		2.500	
100		3.150	
125	125	4.000	4.000
160		5.000	
200		6.300	
250	250	8.000	8.000
315		10.000	
400		12.500	
500	500	16.000	16.000
630		20.000	

2.3.1.4. Nível Sonoro

O ouvido humano não apresenta a mesma sensibilidade auditiva para todas as frequências, sendo muito mais sensível para frequências entre os 2300 e os 2800 Hz. Assim sendo, foi necessário criar filtros eletrónicos que alterassem a sensibilidade dos equipamentos de medição, por forma a que estes tivessem em conta esta característica do sistema auditivo humano. O filtro (ou curva de ponderação) A, inicialmente usado para avaliar níveis de pressão sonora inferiores a 55 dB, é atualmente utilizado na generalidade dos casos, independentemente do nível de pressão sonora existente. [17, 20]

Deste modo, o nível sonoro, L_A , expresso em dB(A) pode ser calculado segundo a equação (2.5), tratando-se de um valor global obtido através dos níveis de pressão sonora sujeitos a uma ponderação, negativa ou positiva, consoante a frequência em estudo (ver quadro 2.2).

$$L_A = \sum_{i=1}^N (L_{pi} \pm \text{Ponderação}) \quad (2.5)$$

Quadro 2.2 – Valores numéricos das ponderações da curva A, por banda de frequência [17]

Banda de frequências (Hz)	Ponderação A para 1/1 oitava	Ponderação A para 1/3 oitava	Banda de frequências (Hz)	Ponderação A para 1/1 oitava	Ponderação A para 1/3 oitava
25		- 44,7	800		- 0,8
31	- 40,0	- 39,4	1.000	0	0
40		- 34,6	1.250		0,6
50		- 30,2	1.600		1,0
63	- 26,0	- 26,2	2.000	+ 1,0	1,2
80		- 22,5	2.500		1,3
100		- 19,1	3.150		1,2
125	- 15,5	- 16,1	4.000	+ 1,0	1,0
160		- 13,4	5.000		0,5
200		- 10,9	6.300		- 0,1
250	- 8,5	- 8,6	8.000	- 1,0	- 1,1
315		- 6,6	10.000		- 2,5
400		- 4,8	12.500		- 4,3
500	- 3,0	- 3,2	16.000	- 7,0	- 6,6
630		- 1,9	20.000		- 9,3

2.3.1.5. Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente

Considerando que existem ruídos com durações muito distintas, é necessário possuir parâmetros que permitam descrever um dado fenómeno sonoro do ponto de vista temporal. Assim surge o nível de pressão sonora contínuo equivalente, designado por L_{eq} , “que se define como o nível que se atuasse constante num dado intervalo de tempo, “produziria” a mesma energia que o som que se pretende avaliar” (Carvalho, 2011; 2.21). [17]

Este parâmetro representa pois uma média ponderada e pode ser calculado segundo a equação (2.6):

$$L_{eq} = 10 \times \log \left[\frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^N \left(t_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right] \quad (2.6)$$

Onde, T – tempo total (minutos)

t_i – períodos de ocorrência (minutos)

L_i – nível de pressão sonora (dB)

2.3.2. TEMPO DE REVERBERAÇÃO

As ondas sonoras criadas no interior de um compartimento chegam ao recetor sob a forma de ondas diretas, quando percorrem um percurso em linha reta desde a fonte sonora, ou de ondas refletidas, quando já sofreram reflexões de número variável nas superfícies da envolvente e/ou no mobiliário presente. As ondas refletidas tornar-se-ão tanto mais fracas quanto maior for o número de reflexões sofridas, sem esquecer a absorção causada pelo próprio ar. [17]

O tempo de reverberação é definido como o intervalo de tempo, em segundos, desde que a fonte sonora deixa de emitir até que o nível de pressão sonora decaia 60 dB, devido às múltiplas reflexões. [16]

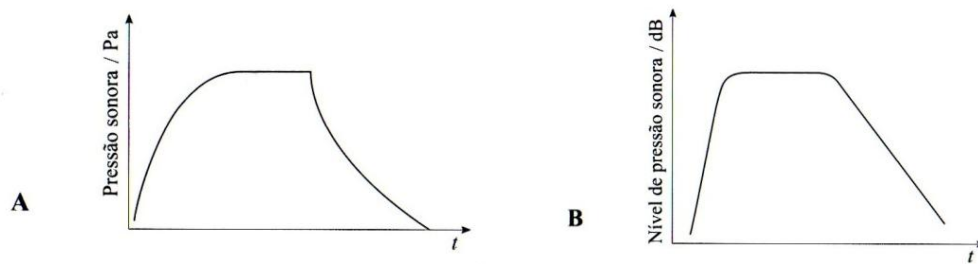


Fig. 2.7 – Representação gráfica do crescimento e decaimento de um som numa sala reverberante (A - pressão sonora, em escala linear, vs tempo; B – nível de pressão sonora, em escala logarítmica, vs tempo) [21]

O tempo de reverberação tem como efeitos principais numa dada sala: o aumento do nível sonoro e o disfarce dos sons diretos. Para determinar este parâmetro é possível recorrer a inúmeras fórmulas, sendo a Fórmula de Sabine a mais usual (ver equação 2.7). [17]

$$T = \frac{0.16 \times V}{A} \quad (2.7)$$

Onde, T – tempo de reverberação (segundos)

V – Volume do compartimento (m^3)

A – Absorção sonora equivalente (m^2), determinada pela equação (2.8)

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times S_i \quad (2.8)$$

Sendo, α_i – coeficiente de absorção sonora do material (sem unidades)

S – superfície real do material (m^2)

2.3.3. ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS

2.3.3.1. Isolamento Sonoro

Segundo o ITE 8, o isolamento sonoro de elementos de construção e a forma como é descrito, depende da natureza do processo de transmissão entre dois locais: o recetor e o emissor. Sendo assim, distinguem-se duas situações: [20]

- Transmissão de sons de percussão – quando existe solicitação mecânica direta dos elementos de construção, por exemplo, arrastar uma cadeira ou o som dos sapatos no pavimento;
- Transmissão de sons aéreos – quando se verifica a vibração do ar, por exemplo, nos casos em que se ouve o rádio do vizinho ou as conversas numa sala adjacente.

Ainda dentro do fenómeno da transmissão sonora, é necessário diferenciar a que ocorre por via direta (atravessando o elemento que separa os dois espaços) e a que ocorre por via marginal, atravessando elementos que estejam ligados ao elemento de separação (ver figura 2.8). [20]

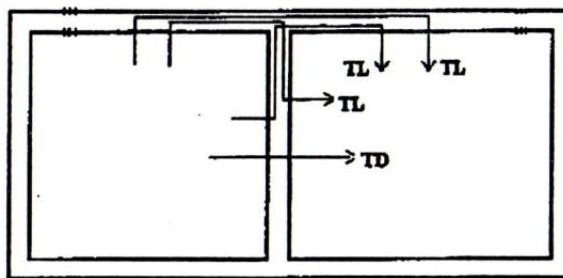


Fig. 2.8 – Transmissões por via direta (TD) e por via marginal (TL) [17]

2.3.3.2. Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

Este subcapítulo é redigido recorrendo à informação constante na sebenta Acústica Ambiental e de Edifícios, de Oliveira de Carvalho, ver referência [17].

Os ruídos de percussão são aqueles que maior incómodo causam, já que se podem estender a toda a estrutura do edifício, sendo por isso os mais prejudiciais. A forma de atuação passa por aplicar revestimentos nas superfícies com características resilientes, e/ou por impedir a propagação do estímulo sonoro através da dessolidarização da estrutura. Assim, as medidas mais frequentes utilizadas em pavimentos são: aplicação de alcatifa, colocação de teto suspenso (teto falso) com material absorvente ou adoção de laje flutuante.



Fig. 2.9 – Alcatifa [22]



Fig. 2.10 – Aplicação de teto falso [23]

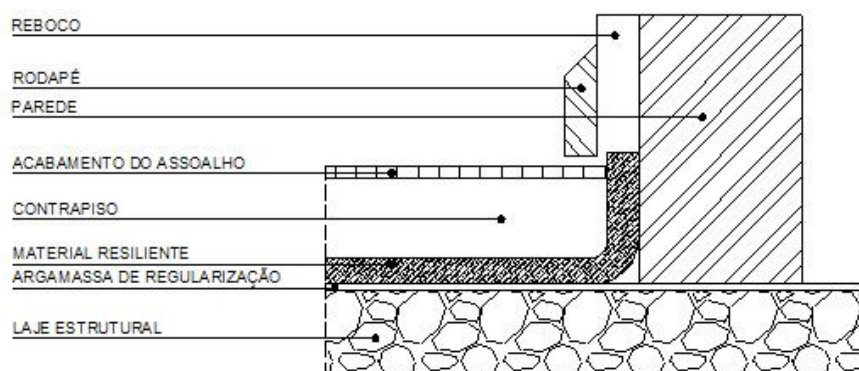


Fig. 2.11 – Representação de corte esquemático de uma laje flutuante [24]

Segundo Carvalho (2011; 5.65):

“Uma laje flutuante consiste numa lajeta de distribuição (habitualmente 4 a 6 cm de betão) colocada sobre a laje estrutural mas separada desta por uma fina camada (em geral de alguns milímetros mas

podendo chegar aos 40 mm) de material resiliente (fibras minerais: lã de rocha ou lã de vidro, fibras vegetais: madeira ou coco, poliestirenos expandidos elastificados, aglomerados de cortiça elastómeros, espuma de polietileno, borracha reciclada, esponjas recicladas, etc.).”

É possível avaliar a eficácia de um revestimento de piso de forma quantitativa, recorrendo para isso ao parâmetro ΔL_w , calculado pela equação (2.9):

$$\Delta L_w = L_{nT,w(\text{sem, revestimento})} - L_{nT,w(\text{com, revestimento})} \quad (2.9)$$

Em média os valores de ΔL_w para alcatifas ronda os 20 a 35 dB, enquanto que para lajes flutuantes se situa entre os 20 e 30 dB.

Visto existirem numerosas solicitações responsáveis por originar ruído de percussão, redigiram-se as normas ISO 140-6 e 7 responsáveis por explicar a forma de realizar ensaios de percussão normalizados, permitindo determinar o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão em laboratório, $L_{nT,w}$, ou *in situ*, $L'_{nT,w}$.

2.3.3.3. Isolamento Sonoro a Ruídos Aéreos

Este subcapítulo é redigido recorrendo à informação constante na sebenta Acústica Ambiental e de Edifícios, de Oliveira de Carvalho, ver referência [17].

Os ruídos de condução aérea são menos danosos para a estrutura do edifício e verificam-se com mais frequência que os ruídos de percussão. Neste caso a transmissão ocorre porque o elemento de separação entre dois espaços experiencia deformações (ou deslocamentos) por ação das ondas sonoras. [20]

As duas principais formas de atuação para aumentar o isolamento sonoro a ruídos aéreos consistem em aumentar a massa do elemento de separação ou em duplicar este mesmo elemento, por exemplo, através de paredes duplas. A colocação de material absorvente na caixa-de-ar beneficia o isolamento sonoro, principalmente no caso de paredes duplas leves.

É usual caracterizar o comportamento de um elemento construtivo, face aos ruídos aéreos, através de um gráfico que relaciona a redução sonora, R , em dB com a frequência das ondas sonoras incidentes, onde:

$$R = 10 \times \log\left(\frac{1}{\tau}\right) \quad (2.10)$$

Sendo, τ – coeficiente de transmissão,

$$\tau = \frac{\text{Energia, transmitida}}{\text{Energia, incidente}} \quad (2.11)$$

Considere-se a existência de dois espaços contíguos, sendo um deles o compartimento emissor com um determinado nível de pressão sonora L_1 , e o outro o compartimento recetor com um nível de pressão sonora L_2 (ver figura 2.12).

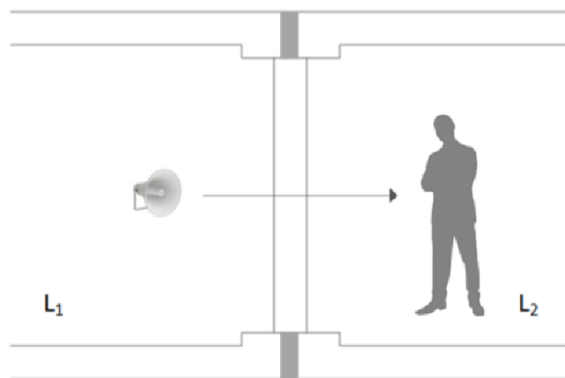


Fig. 2.12 – Transmissão sonora entre dois compartimentos laboratoriais contíguos [25]

O isolamento sonoro bruto, D , em dB consiste na diferença entre os dois níveis sonoros acima referidos, L_1 e L_2 , e retrata o isolamento sonoro percebido sem contabilizar as transmissões marginais, ou seja, para ensaios laboratoriais. Se forem cumpridas certas condicionantes impostas pela Norma NP EN 140-3, é possível relacionar o isolamento sonoro bruto com a redução sonora através da equação 2.12:

$$D = L_1 - L_2 = R + 10 \times \log\left(\frac{A}{S}\right) \quad (2.12)$$

Onde, A – área de absorção sonora equivalente existente no compartimento recetor (m^2)

S – superfície do elemento de separação (m^2)

No caso de ensaios *in situ* também é possível determinar a redução sonora, representada neste caso por R' uma vez que já se contabilizam as transmissões marginais. (ver equação 2.13)

$$D = L_1 - L_2' = R' + 10 \times \log\left(\frac{A}{S}\right) \quad (2.13)$$

O isolamento sonoro padronizado, D_{nT} , resulta de uma correção efetuada ao anterior isolamento sonoro bruto, D , tendo em conta o tempo de reverberação do compartimento recetor. Assim, a equação que relaciona o isolamento sonoro padronizado com a redução sonora medida *in situ* é:

$$D_{nT} = (L_1 - L_2') + 10 \times \log\left(\frac{T}{T_0}\right) = R' + 10 \times \log\left(\frac{0,16 \times V}{S \times T_0}\right) \quad (2.14)$$

Onde, T – tempo de reverberação existente no compartimento recetor (s)

T_0 – tempo de reverberação de referência (em geral 0,5 segundos)

S – superfície do elemento de separação (m^2)

V – volume do compartimento (m^3)

Para ser possível fazer uma comparação com os requisitos acústicos presentes no RRAE é necessário conhecer o valor do índice de isolamento sonoro a sons aéreos padronizado, $D_{nT,w}$, o qual é obtido através dos vários valores do D_{nT} , para cada banda de frequência, e por ajuste segundo a norma NP EN ISO 717-1. Para compreender melhor o processo por detrás desta determinação, ver o ponto 6.2.1.

Quando se pretende quantificar o índice de isolamento sonoro a sons aéreos padronizado de paredes exteriores, $D_{2m,nT,w}$, é necessário fazer medições dos níveis de pressão sonora no exterior, a dois metros da fachada, $L_{1,2m}$, e no interior do edifício, L_2 . Com estes dados, conjuntamente como tempo de reverberação existente no compartimento recetor, T , recorre-se á equação (2.14) substituindo L_1 por $L_{1,2m}$, obtendo-se deste modo o parâmetro $D_{2m,nT}$ para cada banda de frequência. A determinação do $D_{2m,nT,w}$ faz-se por ajuste da curva presente na norma NP EN ISO 717-1, como explicado no ponto 6.2.1.

2.3.3.4. Ruídos de Equipamentos e Instalações

Apesar de muitas vezes o objeto em vibração apresentar uma dimensão reduzida e não gerar um nível de pressão sonora elevado, ao estar ligado a um elemento de maiores dimensões, como uma parede ou laje, verifica-se a situação contrária, o que causa incómodo para o utilizador do espaço. [17]

Em edifícios com grande número de instalações, como hospitais e hotéis, o ruído de funcionamento das instalações de águas e esgotos poderá ser uma fonte de incomodidade se, na fase de projeto, não se tiver em atenção determinados aspetos, tais como: [20]

- Velocidade de escoamento, idealmente inferior a 2 m/s;
- Características e traçado das canalizações – não se devem aplicar tês e joelhos, assim como mudanças bruscas do diâmetro da tubagem (ver figura 2.13);
- Isolar as canalizações dos elementos construtivos envolventes através de coquilhas;
- Usar equipamentos menos ruidosos, nomeadamente, válvulas, torneiras e aparelhos sanitários.

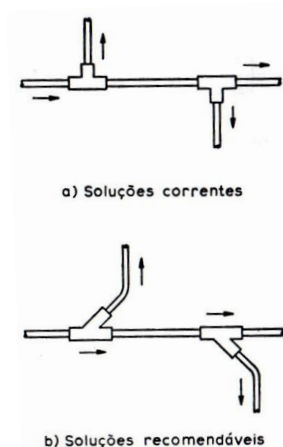


Fig. 2.13 – Esquemas representativos de mudanças de direção no traçado de canalizações de água [20]

Existem também preocupações referentes às instalações elétricas e elevadores, nomeadamente: [17]

- Não colocar caixas elétricas no mesmo enfiamento da parede;
- Em paredes leves ou pavimentos, selar passagem de cabos;
- Evitar luzes fluorescentes em locais muito sensíveis ao ruído;
- Casa das máquinas do elevador afastada de locais sensíveis ao ruído;
- Escolher um elevador menos ruidoso;
- Aplicar, por exemplo, apoios anti-vibráteis na base do motor do elevador, isolando-o do resto da estrutura do edifício.

O RRAE apresenta exigências acústicas relativas ao nível de avaliação do ruído particular de equipamentos do edifício, $L_{Ae,nT}$, o qual vem expresso em dB(A). A metodologia de cálculo seguida para determinar este parâmetro encontra-se explicada no ponto 6.2.5.1.

2.4. RUÍDO HOSPITALAR

2.4.1. EFEITOS NOCIVOS PARA A SAÚDE

“O risco sonoro é um problema grave, que, mais tarde ou mais cedo, conduz a perturbações de natureza fisiológica e psicológica nos indivíduos que estejam submetidos a estímulos sonoros intensos durante algum tempo.” (Dias e Afonso, BISE, 2001; 10) [26]

Dos efeitos nocivos para a saúde humana resultantes deste fenómeno, é importante numerar os seguintes: [9, 26]

- Distúrbios do sono devido ao stress e perturbação do ritmo biológico;
- Aumento do risco de enfarte ou derrame cerebral;
- Variação da tensão arterial e alteração do ritmo cardíaco;
- Agravamento do estado depressivo em doentes já por si ansiosos ou em depressão;
- Problemas de equilíbrio, sendo que para níveis superiores a 100 dB desenvolvem-se náuseas, vertigens e fadiga física;
- Perturbações do ritmo respiratório no caso de exposições prolongadas, afetando o ritmo, frequência e amplitude dos ciclos respiratórios;

- Redução da sensibilidade auditiva, devido à exposição prolongada a ambientes ruidosos ou a ruídos intensos, como consequência da danificação do aparelho auditivo, com situações de danos irreversíveis;
- Para exposições a níveis da ordem dos 80 dB verificam-se cenários de depressão, irritabilidade, insónia e reações agressivas;
- A atenção, concentração e capacidade de aprendizagem são afetadas para níveis superiores a 45 dB;
- O ruído interfere com a produtividade e a qualidade do trabalho, potenciando a ocorrência de acidentes.

2.4.2. PRINCIPAIS FONTES DE RUÍDO

De acordo com Webb (1998; 6) o ruído hospitalar é caracterizado pelo nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq} , medido à cabeceira do paciente e durante um determinado intervalo de tempo. As fontes responsáveis por este tipo de perturbação são numerosas e variam consoante o edifício hospitalar em estudo, como é possível constatar pelas imagens 2.14, 2.15 e 2.16. [27]

Reunindo a informação presente nas referidas imagens e no artigo “*Noise levels and noise sources in acute care hospital wards*”, construiu-se o quadro 2.3 onde estão reunidas as dez principais fontes de ruído e respetivo número de ocorrências, para medições realizadas em hospitais escoceses. [6]

Quadro 2.3 – Dez principais fontes de ruído e respetivo número de ocorrências [6]

Fonte de ruído	Número de Ocorrências	Percentagem de Ocorrência
1 - Baldes do lixo	551	13,9
2 - Atividade geral	524	13,2
3 - Diálogo entre profissionais	486	12,3
4 - Alarmes	219	5,5
5 - Arrastar de cadeiras	213	5,4
6 - Queda de objetos	186	4,7
7 - Porta a fechar ou a chiar	155	3,9
8 - Telefone a tocar	151	3,8
9 - Tossir	143	3,6
10 - Tróleys/carrinhos	105	2,7

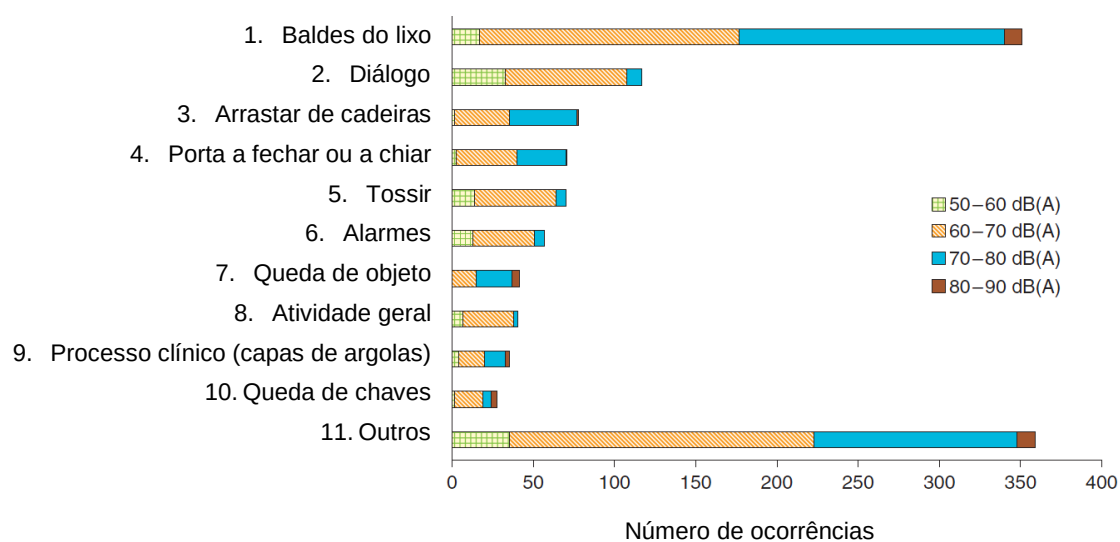


Fig. 2.14 – Fontes sonoras versus número de ocorrências no *Western General Hospital* [6 – tradução livre]

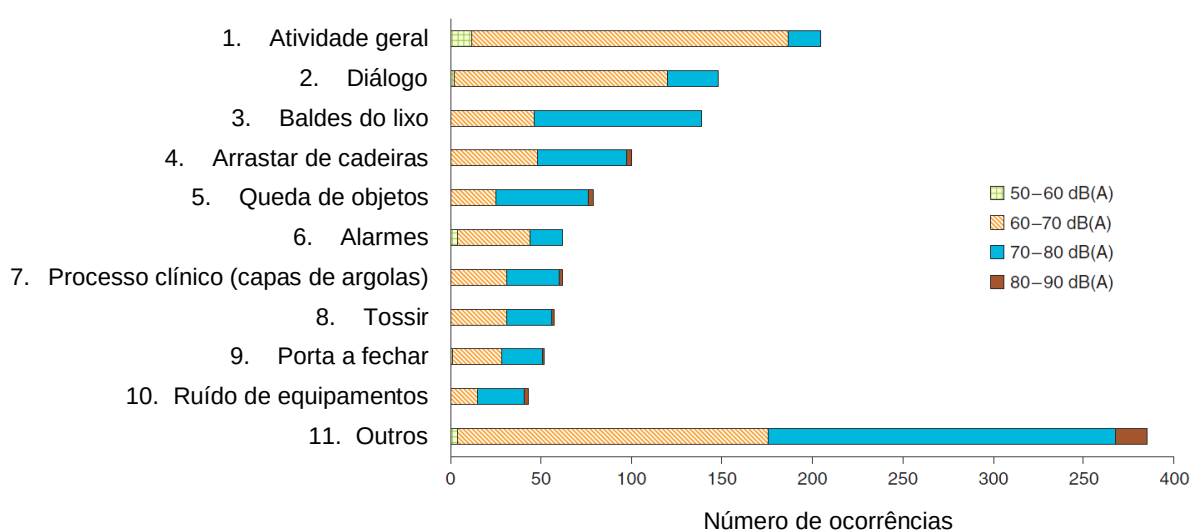


Fig. 2.15 – Fontes sonoras versus número de ocorrências no *Edinburgh Royal Infirmary – ICU* [6 – tradução livre]

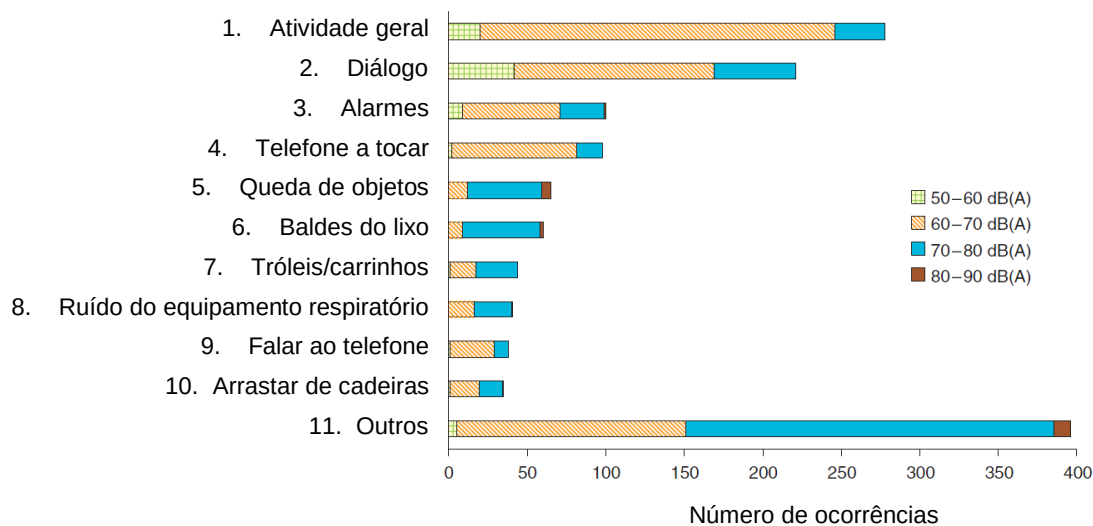


Fig. 2.16 – Fontes sonoras versus número de ocorrências no *Edinburgh Royal Infirmary* – HDU [6 – tradução livre]

Existem ainda outras fontes de ruído não contabilizadas nas figuras anteriores, por exemplo: o ruído resultante das visitas efetuadas às pessoas internadas, principalmente devido às conversas; o ruído gerado pelo funcionamento de equipamentos internos como o ar condicionado e o ruído proveniente do exterior, nomeadamente devido ao tráfego rodoviário, aéreo e ferroviário, quando os edifícios hospitalares se situam em grandes centros urbanos ou na proximidade de vias de comunicação. [9]

2.4.3. MEDIDAS DE CORREÇÃO E MELHORIA – PERSPETIVA GERAL

Dentro das medidas de correção e melhoria, face ao ruído existente nos edifícios hospitalares, existem duas formas principais de atuação, pois aproximadamente 60% das ocorrências caracterizadas como fontes de ruído podem ser evitadas: [6]

- Consciencialização e formação dos profissionais;
- Medidas práticas a implementar no edifício.

Na área da consciencialização e formação dos profissionais existem diversos estudos que apresentam os resultados positivos de tal iniciativa, quer seja pelo decréscimo de 10 dB no nível de pressão sonora na zona dos berços de uma Unidade de Cuidados Intensivos para crianças, ou pela diminuição do nível sonoro de pico em enfermarias, passando de aproximadamente 97 dB(A) para 78 dB(A). [28, 29]

Para alcançar tais resultados foram realizadas palestras junto de profissionais de saúde, principalmente enfermeiros, com o intuito de discutir o problema do ruído, procurando soluções que promovam um ambiente adequado à recuperação e convalescença. De entre as soluções encontradas destacam-se: diminuição do número de conversas entre profissionais e do volume das mesmas; adoção de períodos de silêncio para promover o descanso dos pacientes; colocação de *posters* que apelam ao silêncio; redução do volume de toque dos telemóveis; utilização de sapatos com sola mole; entre outras. [28, 29]

De acordo com o trabalho desenvolvido por Griffin (1988) é importante ensinar os enfermeiros a aplicar técnicas de relaxamento muscular em doentes, por forma a eliminar a tensão originada pelo ruído, diminuindo o stress e potenciando o relaxamento. [30]

As medidas práticas a implementar passam por: [6, 8]

- Substituir baldes do lixo de metal por baldes do lixo de plástico que fechem lentamente;
- Usar material resiliente nos pés das cadeiras;
- Lubrificar as portas e colocar material resiliente a toda à volta para atenuar o ruído do chiar e do bater das portas;
- Adequar o nível sonoro dos telefones fixos e alarmes;
- Utilizar um cobre-juntas entre partes do edifício que não seja metálico para diminuir o ruído originado pela passagem dos carrinhos;
- Projetar um pavimento que incorpore material resiliente para diminuir o incómodo causado pela deslocação das pessoas;
- Aumentar a absorção sonora equivalente através da solução escolhida para tetos.

3

CASO DE ESTUDO – HOSPITAL DA PRELADA

3.1. INTRODUÇÃO

Este subcapítulo é redigido utilizando a informação presente no livro de Recomendações e Especificações Técnicas do Edifício Hospitalar, ver referência [31].

Atualmente os edifícios hospitalares devem ser facilmente transformáveis para se adequarem às evoluções na área da Saúde e das Tecnologias, ou seja, devem possuir diversas formas de flexibilidade, nomeadamente:

- Flexibilidade funcional – capacidade de alterar o uso de um dado espaço sem proceder a alterações significativas das instalações e/ou estrutura do edifício;
- Flexibilidade interna – capacidade de troca de serviços ou de funções dentro de um dado hospital, sem afetar a coesão ou prejudicar o respetivo funcionamento;
- Flexibilidade estrutural – consiste na capacidade da estrutura do edifício receber ampliações, sem afetar a coesão e o funcionamento;
- Flexibilidade de demolição – consiste na capacidade de demolir partes do edifício, sem prejudicar a coesão e o funcionamento;
- Flexibilidade de expansão – capacidade de aumento da área do edifício, podendo ser sem alteração do perímetro exterior, ou para fora do perímetro, ou por anexos ou na vertical, sem afetar a coesão e o funcionamento.

“Devem ser utilizados materiais e elementos de construção que confirmem durabilidade aceitável, desvalorizando-se soluções que propiciem qualquer degradação prematura em relação à vida útil expectável, ou cuja manutenção seja considerada problemática. A escolha dos materiais a utilizar deve ser articulada com as propostas de durabilidade e os esquemas de manutenção previstos em projeto, privilegiando-se os materiais com melhores características de manutenção e limpeza, de acordo com as funções a que se destinam.”

(Recomendações e Especificações Técnicas do Edifício Hospitalar, 2011; 11)

Além das preocupações referidas acima, é importante dar atenção ao conforto acústico, térmico e visual, criando cenários e ambientes que beneficiem o bem-estar dos utentes, através da cor, textura e brilho dos acabamentos e equipamentos.

Dentro das inúmeras recomendações existentes para a construção de edifícios hospitalares, salientam-se as seguintes:

- Garantir a privacidade e a dignidade dos doentes;

- Existência de luz natural nos compartimentos frequentados por doentes e pessoal médico;
- Projetar proteções solares exteriores para os envidraçados existentes, principalmente nos compartimentos onde estejam doentes;
- Projetar as juntas de dilatação nos pavimentos recorrendo a materiais que permitam a passagem de equipamentos com rodas, sem causar vibrações e ruídos;
- Projetar as juntas de dilatação entre corpos estruturais por forma a que não atravessem zonas com risco de derrame de substâncias perigosas ou áreas com ambiente estéril;
- Em zonas com elevadas exigências de assepsia, os revestimentos de piso devem ser contínuos, sem juntas, e com os rodapés em “meia-cana” do mesmo material do revestimento, facilitando desta forma a limpeza;
- Evitar a transmissão de vibrações ao longo da estrutura, provenientes de equipamentos instalados na cobertura;
- A vida útil dos hospitais tem de ser superior à dos edifícios correntes devido à sua importância na sociedade e ao investimento feito (aproximadamente 100 anos);
- O hospital deve possuir geradores e depósitos de água que garantam o correto funcionamento em serviço, mesmo para situações excecionais;
- Num cenário de atividade sísmica fraca, o hospital deverá continuar em serviço, enquanto que face à ocorrência de atividade sísmica forte, o edifício hospitalar não deverá colapsar, apresentando uma capacidade residual de resistência.

3.2. HISTÓRIA E FUNÇÃO DA SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DO PORTO

Este subcapítulo é redigido com base em informação recolhida no site da Santa Casa da Misericórdia do Porto, ver referência [32].

A Santa Casa da Misericórdia do Porto foi fundada a 14 de Março de 1499, como resultado de uma carta que o Rei D. Manuel I escreveu aos “Homens bons e governantes do burgo portuense”. É uma instituição constituída na Ordem Jurídica Canónica, cuja função alia a caridade e a assistência social.

O papel da Misericórdia passa por acompanhar o crescimento e evolução da sociedade, ajudando a resolver ou minimizar muitas das situações mais gravosas e urgentes. Uma parte significativa do seu corpo humano é constituída por benfeitores e fiéis do culto católico que, além do trabalho humanitário, também se dedicam à promoção da Cultura, através de iniciativas como concertos, musicais, exposições, conferências, entre outras... De entre as numerosas Misericórdias existentes em Portugal, a do Porto é das mais antigas e importantes devido à sua história, ao vasto património e ao número de utentes servidos. Além das áreas do Culto e Cultura, a Misericórdia do Porto também atua na Educação, Saúde e Ambiente.



Fig. 3.1 – Armas da Santa Casa da Misericórdia do Porto [33]

A Santa Casa esteve inicialmente instalada na Capela de Santiago, no Claustro Velho da Sé, tendo posteriormente mudado de instalações para a Rua das Flores.



Fig. 3.2 – Sede e Museu da Santa Casa da Misericórdia do Porto, na Rua das Flores [32]

Com a carta régia de 15 de Maio de 1521, D. Manuel I ordenou a anexação dos Hospitais de Rocamadour, de Santa Clara e os de Cimo de Vila à Misericórdia do Porto, ajudando assim à sua consolidação e expansão.

Em 1605, a Mesa Administrativa ordenou a construção de um novo hospital designado de Hospital de D. Lopo de Almeida. Com a falta de espaço no referido hospital, devido à afluência de doentes da cidade e arredores, tornou-se necessária a construção de um novo edifício, neste caso, o Hospital Real de Santo António em 1769. Durante o século XVIII, a Misericórdia teve à sua responsabilidade sete instalações de saúde, de entre as quais se destacam os Hospitais de D. Lopo e de Santo António.

A Santa Casa também zelava pelas crianças colocadas na Roda, situada na Rua dos Caldeireiros, e prestava auxílio aos viúvos e viúvas assim como aos presos na Cadeia Civil do Porto, nunca esquecendo a assistência religiosa.

No século XX a Misericórdia aumentou o seu património imobiliário através da inauguração do Asilo de Cegos de São Manuel, do Hospital de Convalescentes D. Francisco de Noronha e Menezes, do Sanatório-Hospital Rodrigues Semide e do Lar Pereira de Lima. Em 1976 deu-se a nacionalização dos Hospitais de Santo António, do Conde Ferreira e de Rodrigues Semide, o que custou à Santa Casa uma fatia considerável da sua intervenção na área da saúde. No entanto, em 1988 inaugurou-se o Hospital da Prelada e mais recentemente o Hospital Conde de Ferreira foi retomado, convertendo-se no Centro Hospitalar Conde de Ferreira.



Fig. 3.3 – Centro Hospitalar Conde de Ferreira [34]

Atualmente o património imobiliário da Santa Casa da Misericórdia do Porto é constituído por imóveis onde se desenvolvem atividades associadas à Instituição (lares, colégios, hospitais...), por imóveis de rendimento (complexos habitacionais da Alameda Eça de Queirós, da Foz, do Luso...) e por habitação social.

3.3. HOSPITAL DA PRELADA

3.3.1. HISTÓRIA

Este subcapítulo apresenta informação recolhida na referência [35].

Foi em 1961 que o Provedor Dr. Domingos Braga da Cruz definiu, em Mesa da Santa Casa da Misericórdia do Porto, o projeto de execução de um Centro de Reabilitação a ser construído nos terrenos da Quinta da Prelada. A equipa projetista era constituída pelo Arquiteto António Afonso e pelo Engenheiro Feijão (estruturas).

Este equipamento de saúde deveria incluir as especialidades de Medicina Física e Reabilitação, Cirurgia Plástica e Reconstructiva, Ortopedia e Unidade de Queimados.

Somente em 1971 é que as obras de construção tiveram início e, após numerosos problemas políticos e económicos, o hospital abriu finalmente as portas a 17 de Outubro de 1988, oferecendo serviços nas áreas de Ortopedia, Cirurgia Plástica e Reconstructiva e Medicina Física e Reabilitação. À data de inauguração do referido hospital nenhum requisito acústico estava regulamentado, estando já em vigor a versão inicial do RGR através da Lei n.º 11/87, de 11 de Abril, e do Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de Junho.



Fig. 3.4 e 3.5 – Hospital da Prelada – duas vistas diferentes [35, 36]

A 8 de Fevereiro de 2007, o Hospital da Prelada recebeu a Acreditação Total em Qualidade do Health Quality Service (HQS), tornando-se assim no primeiro hospital privado em Portugal a ter tal distinção.

“O Hospital foi avaliado pela Norma do HQS que compreende 1679 critérios. A Auditoria foi efetuada por um corpo de auditores multiprofissional inglês, que questionou todas as áreas de atividade do Hospital desde a Gestão, Serviços Clínicos, Serviços Não Clínicos, Serviços de Apoio e Administrativos.”

3.3.2. ORGANIZAÇÃO

O Hospital da Prelada possui 10 pisos (-1 a 8) nos quais se realizam os tratamentos próprios associados às especialidades disponíveis: Anestesiologia; Oftalmologia; Cirurgia Geral e Urologia; Cirurgia Plástica, Reconstructiva e Estética; Ortopedia e Medicina Física e Reabilitação. [32]

De seguida são apresentados os principais serviços disponibilizados, por piso, no referido hospital. [37]

PISO -1:

- Sala de hemodiálise;
- Garagem do hospital;
- Oficinas (serrilharia, carpintaria, pichelaria...);
- Arquivo clínico;
- Armazéns diversos;
- Ginásio recente;
- Zona de tratamento das águas;
- Central térmica e grupo de emergência;
- Cozinha e refeitório principal;

PISO 0 (ver figura 3.6):

- Gabinetes médicos e salas de espera;
- Piscina;
- Ginásio antigo;
- Hemoterapia;
- Raio-X e TAC;
- Lojas;
- Bar;
- Capela;
- Gabinetes e salas dos serviços administrativos;

PISO 1 (ver figura 3.7):

- Enfermarias e quartos particulares;
- Copa;
- Gabinetes médicos;
- Bloco operatório e refeitório para pessoal do bloco;

PISO 2 (ver figura 3.8):

- Bloco operatório;
- Copa;
- Enfermarias e quartos particulares;

PISO 3:

- Sala com AVAC proveniente dos blocos operatórios;
- Piso vazio mas acabado;

PISOS 4, 5 E 6 (ver figura 3.9):

- Enfermarias e quartos particulares;
- Copa;
- Gabinetes médicos;

PISOS 7 E 8:

- Pisos em bruto, sem acabamentos e divisórias;

Relativamente às especialidades, é importante frisar que a Anestesiologia se desenvolve no bloco operatório do piso 1, enquanto a Cirurgia Geral e Urologia ocupa parte do 6º piso, além de recorrer aos gabinetes médicos para consultas externas e ao bloco operatório. [32]

A Ortopedia situa-se no 4º e 5º pisos, atuando também nos gabinetes médicos para consultas externas e no bloco operatório, quando necessário. A Cirurgia Plástica, Reconstructiva e Estética ocupa o 2º piso enquanto a Medicina Física e Reabilitação possui zona de internamento no 1º e 6º pisos, além de ter áreas de tratamento espalhadas pelo hospital, como é o caso das piscinas e ginásios. [32]

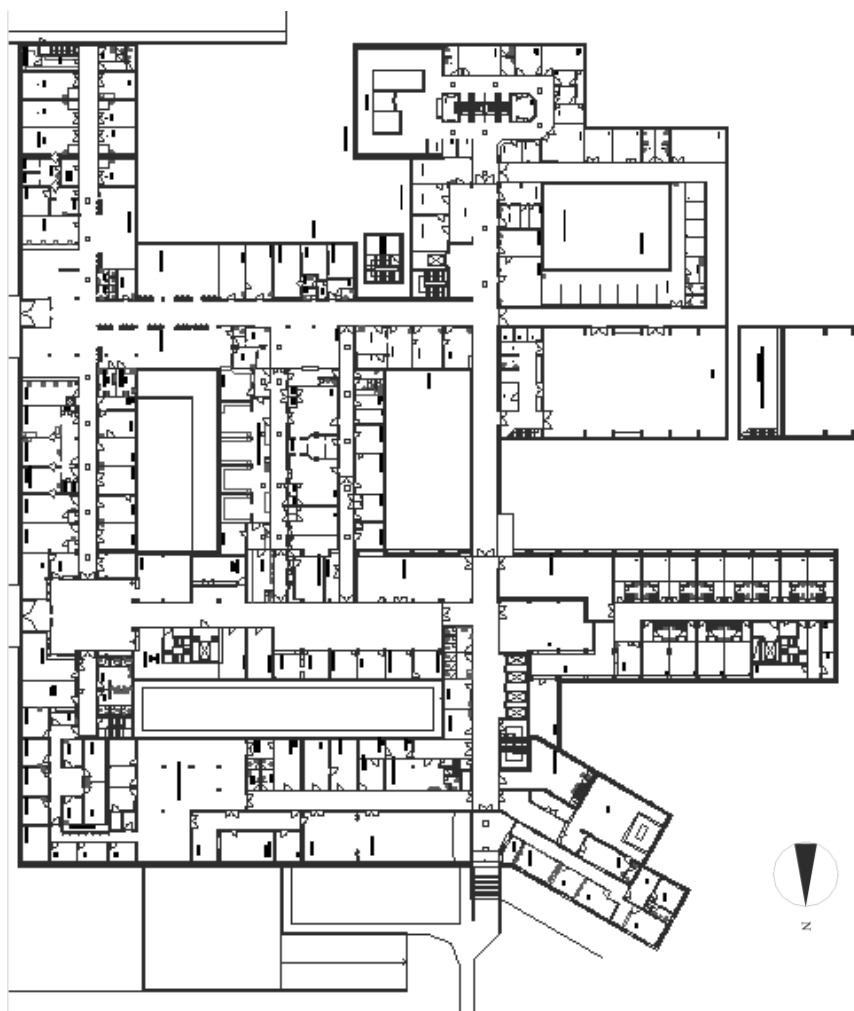


Fig. 3.6 – Planta do piso 0 do Hospital da Prelada [37]

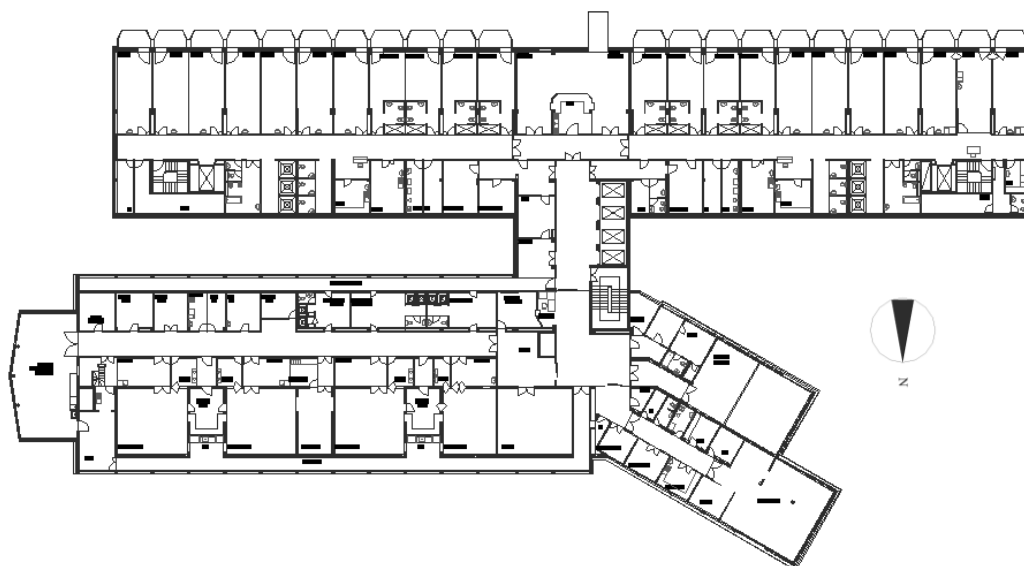


Fig. 3.7 – Planta do piso 1 do Hospital da Prelada [37]

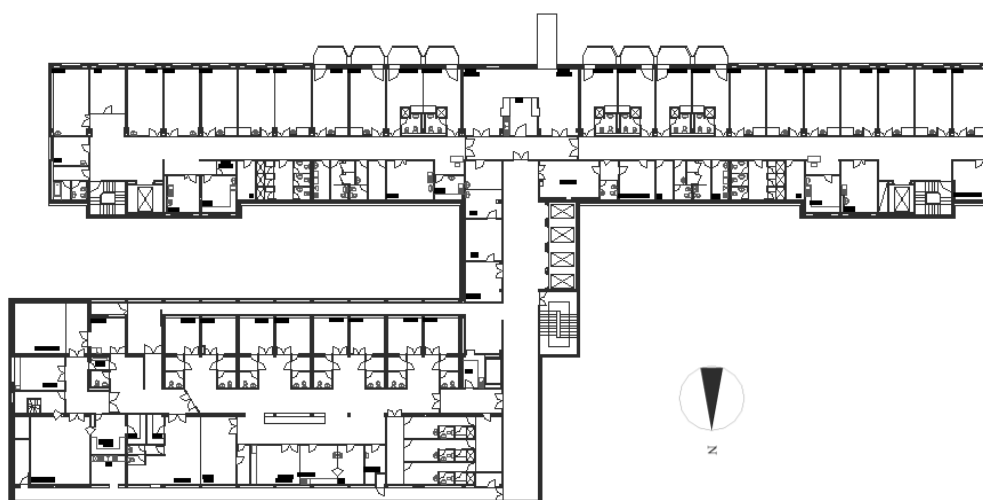


Fig. 3.8 – Planta do piso 2 do Hospital da Prelada [37]

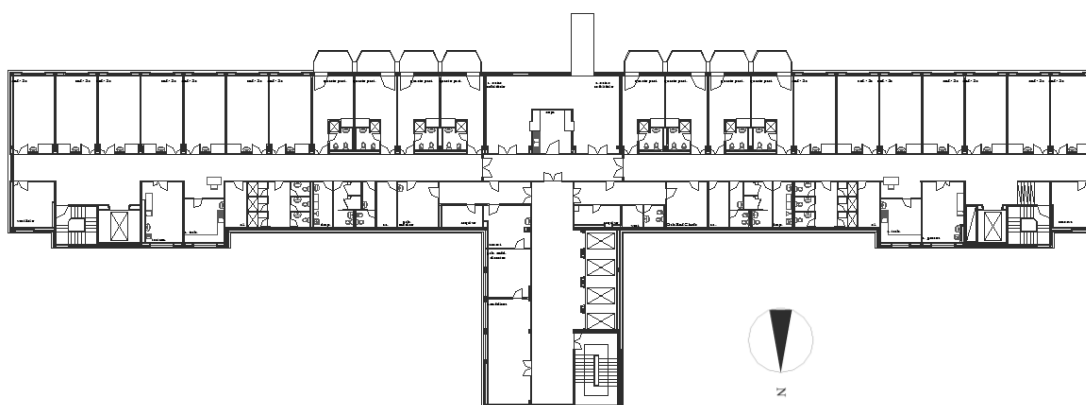


Fig. 3.9 – Planta dos pisos 4, 5 e 6 do Hospital da Prelada [37]

4

REGULAMENTO DOS REQUISITOS ACÚSTICOS DOS EDIFÍCIOS

4.1. INTRODUÇÃO

“Na década de 80, a proteção acústica dos edifícios foi alvo de uma maior atenção por parte do legislador, desta feita em sede da legislação sobre prevenção e controlo do ruído ambiente, com o Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de Junho, que aprovou o Regulamento Geral do Ruído (RGR).”

(Decreto-Lei Nº 129/2002 de 11 de Maio)

No entanto, a aplicação prática de um regulamento tão abrangente e genérico mostrou-se difícil, principalmente em áreas específicas, como é o caso da construção civil. Assim sendo, optou-se por tratar a matéria da acústica de edifícios num documento à parte, nomeadamente no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), o qual tem como principais objetivos: [38]

“ (...) regular a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação, e, em consequência, contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente acústico e para o bem-estar e saúde das populações. ” (Decreto-Lei Nº 129/2002 de 11 de Maio)

Tendo em conta o enquadramento legal atual foi necessário proceder à revisão do RRAE, sendo que:

“As alterações agora introduzidas atualizam os parâmetros de desempenho acústico dos edifícios e os indicadores do ruído de equipamentos e instalações, e estabelecem explicitamente procedimentos de avaliação de conformidade com as normas definidas no Regulamento, visando a melhoria da qualidade habitacional no País, tanto para edifícios novos como para os edifícios existentes que venham a ser objeto de reconstrução, ampliação, ou alteração.” (Decreto-Lei Nº 96/2008 de 9 de Junho)

O RRAE possui um vasto âmbito de aplicação, consoante o uso dado aos edifícios:

- Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras;
- Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais;
- Edifícios escolares e similares, e de investigação;
- Edifícios hospitalares e similares;
- Recintos desportivos;
- Estações de transporte de passageiros;
- Auditórios e salas.

4.2. EDIFÍCIOS HOSPITALARES E SIMILARES

Neste ponto faz-se a reprodução de um artigo do RRAE que possui uma elevada pertinência para o trabalho em causa. Determinadas partes encontram-se sombreadas pois serão analisadas, de uma forma mais crítica, no ponto 4.3.

“Artigo 8.º

Edifícios hospitalares e similares

1 — Os edifícios que se destinem à prestação de serviços hospitalares e de cuidados análogos estão sujeitos ao cumprimento dos seguintes requisitos acústicos:

- a) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$, entre o exterior dos edifícios, como local emissor, e os compartimentos interiores identificados no quadro V do anexo ao presente Regulamento, como locais recetores, deve satisfazer o seguinte:
- i) $D_{2m, nT, w} \geq 33 \text{ dB}$, em zonas mistas ou em zonas sensíveis reguladas pelas alíneas c), d) e e) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído;
 - ii) $D_{2m, nT, w} \geq 28 \text{ dB}$, em zonas sensíveis reguladas pela alínea b) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído;
 - iii) Quando a área translúcida for superior a 60 % do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2m, nT, w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_{tr} , conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se os limites das subalíneas i) e ii);
- b) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$, entre locais do edifício deve satisfazer as condições indicadas no quadro V do anexo ao presente Regulamento;
- c) No interior dos locais de receção definidos no quadro V do anexo ao presente Regulamento, como locais recetores, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, proveniente de uma excitação de percussão normalizada sobre pavimentos de outros locais do edifício, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte:
- i) $L'_{nT, w} \leq 60 \text{ dB}$, se o local emissor for cozinha, refeitório ou oficina;
 - ii) $L'_{nT, w} \leq 65 \text{ dB}$, para os restantes locais emissores;
- d) No interior dos locais constantes do quadro VI do anexo ao presente Regulamento, considerados mobilados normalmente e sem ocupação, o tempo de reverberação, T , correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, deve satisfazer as condições indicadas no referido quadro;
- e) O paramento interior da envolvente dos corredores de circulação interna deve ser dotado de revestimentos absorventes sonoros, cuja área de absorção sonora equivalente, $A \text{ (m}^2\text{)}$, correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, seja maior ou igual a 25 % da superfície de pavimento dos locais considerados;

f) No interior dos locais de receção indicados no **quadro VI** do anexo ao presente Regulamento, o nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, do ruído particular de equipamentos do edifício deve satisfazer ao seguinte:

- i) $L_{Ar, nT} \leq 35 \text{ dB (A)}$, se o funcionamento do equipamento for intermitente;
- ii) $L_{Ar, nT} \leq 30 \text{ dB (A)}$, se o funcionamento do equipamento for contínuo.

2 — A determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$ ou $D_{nT, w}$, do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, do tempo de reverberação, T , e do nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, deve ser efetuada em conformidade com o disposto na normalização portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional.

3 — Na determinação das componentes tonais do nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, adota-se a metodologia definida no anexo I ao Regulamento Geral do Ruído.

4 — 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.

5 — O edifício, ou qualquer das suas partes, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:

- a) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$ ou $D_{nT, w}$, acrescido do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
- b) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, diminuído do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
- c) O valor obtido para o nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, diminuído do fator I no valor de 3 dB (A), satisfaça o limite regulamentar;
- d) O valor obtido para o tempo de reverberação, T , diminuído do fator I no valor de 25 % do limite regulamentar, satisfaça o limite regulamentar.

ANEXO

Quadro V

[a que se refere o artigo 8º, nº 1, alíneas a), b) e c)]

<i>Locais de receção - Locais de emissão</i>	<i>Blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame</i>	<i>Enfermarias, salas de tratamento, administrativas e de convívio</i>
<i>Blocos operatórios, gabinetes médicos, salas de consulta ou exame</i>	≥ 48	≥ 40
<i>Enfermarias, salas de tratamento</i>	≥ 55	≥ 45
<i>Salas administrativas e de convívio</i>	≥ 55	≥ 48
<i>Circulações internas (*)</i>	≥ 35	≥ 30
<i>Refeitórios e cozinhas</i>	≥ 52	≥ 45
<i>Oficinas</i>	≥ 55	≥ 48

(*) Considerando que haverá uma porta de comunicação com os locais receptores; se tal não for o caso, os valores indicados serão acrescidos de 15 dB

Quadro VI

[a que se refere o artigo 8º, nº 1, alíneas d) e f)]

<i>Locais</i>	<i>Tempo de reverberação (500 Hz – 2kHz)</i>
<i>Enfermarias ($V \geq 100 \text{ m}^3$)</i>	$T \leq 0,15 V^{1/3} \text{ [s]}$
<i>Refeitórios</i>	$T \leq 0,15 V^{1/3} \text{ [s]}$
<i>Átrios e salas de espera ($V \geq 100 \text{ m}^3$):</i>	
<i>Sem difusão de mensagens sonoras</i>	$T \leq 0,15 V^{1/3} \text{ [s]}$
<i>Com difusão de mensagens sonoras</i>	$T \leq 0,12 V^{1/3} \text{ [s]}$

V = volume interior do recinto em causa” (Decreto-Lei Nº 96/2008 de 9 de Junho)

4.3. PONTOS CRÍTICOS DO RRAE

4.3.1. ASPETOS GERAIS

Durante a análise e leitura do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), verificam-se situações de dúvida na interpretação e aplicação do que é dito, potenciando erros. Assim, optou-se por explicitar mais o que é dito, criando as situações apresentadas abaixo:

Situação 1: existe, por exemplo, uma falha ao nível dos Quadros V e VI, pois estes apresentam terminologias diferentes no que toca aos espaços estudados: num caso faz-se referência a “salas de convívio” e no outro a “átrios e salas de espera”, não existindo nenhuma clarificação quanto a esta diferença.

Situação 2: são também os espaços referidos no Quadro VI os únicos a possuir exigências relativas ao nível de avaliação do ruído particular de equipamentos do edifício, $L_{Ar,nT}$, não se compreendendo o

porquê de espaços sensíveis como os quartos particulares, enfermarias (independentemente do volume), gabinetes médicos e blocos operatórios não possuem tais exigências, tratando-se de locais onde o doente ou utente está mais exposto e durante mais tempo. Assim sendo, seria de esperar que estas exigências incidissem sobre os espaços referidos no Quadro V em vez de ser sobre os espaços presentes no Quadro VI.

Situação 3: ainda em relação ao nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$, o ideal seria associar limites mais exigentes a situações de funcionamento intermitente do equipamento, pois as pessoas detetam mais facilmente picos num cenário de nível sonoro constante, o que causa maior incomodidade.

Situação 4: quem tenta realizar ensaios acústicos pode ser induzido em erro pelo facto de a legislação não informar que os espaços ensaiados não necessitam de ser contíguos, podendo até situar-se em pisos diferentes, por exemplo, colocar a fonte sonora no 4º piso e o recetor no 1º piso de um dado edifício.

Situação 5: outra definição inexistente na legislação em causa é o que são edifícios similares, e no caso do artigo 8.º, o que é um edifício similar a um hospital? Poder-se-á englobar nesta terminologia os lares e gabinetes médicos existentes em edifícios industriais? O ideal seria aplicar o RRAE não aos edifícios em si, mas às valências/"funções" de cada espaço, deste modo o artigo 8.º teria como título: "Edifícios hospitalares e outros com valências similares".

4.3.2. DEFINIÇÃO DOS ESPAÇOS

A inexistência de uma definição dos espaços referidos no RRAE é outra questão que pode potenciar erros e situações de dúvida, por isso optou-se por propor, no quadro 4.1, uma definição para cada espaço presente no artigo 8.º, nomeadamente, no Quadro V. Estas definições foram elaboradas com base em informação presente nas Linhas de Orientação e Especificações Técnicas e de Serviço do Edifício Hospitalar, ver referência [39].

Quadro 4.1 – Definição dos espaços presentes no artigo 8.º do RRAE (Quadro V)

Locais	Definição
Bloco operatório	Espaço para execução do ato operatório, com área útil mínima de 36 m ² .
Gabinete médico (*)	Espaço para elaboração da história e observação clínica dos doentes em catre, com área útil mínima de 14 m ² .
Sala de exame	Espaço para exames especiais, com recanto para vestiário/cortina, lavatório e bancada, com área útil mínima entre os 12 e 25 m ² .
Enfermaria	Espaço para alojamento de 2 ou mais doentes em camas separadas por cortinas, com uma área útil mínima de 18 m ² .
Sala de tratamento	Espaço para pensos e outros tratamentos, com lavatório e bancadas, com área útil mínima de 16 m ² .
Circulação interna	As circulações internas devem permitir e contribuir para uma correta articulação dos serviços e devem ter a seguinte largura mínima útil (excluindo réguas parietais de proteção/corrimãos): a) Circulações principais (<i>main road</i>): 3,00m; b) Circulações em geral: 1,80m; c) Circulações em unidades de tratamento (internamento) e outros serviços onde circulem camas/macas: 2,20m; d) Circulações de serviço, onde circulem apenas pessoas e pequenos equipamentos rodados: 1,60m.
Sala administrativa	Espaço para trabalho da direção (com zona de reuniões). A área útil mínima depende do número de postos de trabalho.
Sala de espera (**)	Espaço para convívio entre doentes e visitas, com área útil mínima de 1 m ² /pessoa.
Refeitório/Bar	Espaço para convívio entre doentes e visitas, com área própria para refeições (área útil mínima de 1 m ² /pessoa).
Cozinha	Espaço onde devem ser previstos os equipamentos mecânicos necessários para a confeção de refeições. O empratamento deve ser efetuado na cozinha, a partir da qual se fará a posterior distribuição aos utentes. A lavagem da louça também deve ser feita na cozinha.
Oficina	Espaço com o equipamento mínimo necessário para realizar o tipo de manutenção que é da responsabilidade da unidade hospitalar.
Quarto Particular ou Quarto Individual	Espaço para alojamento de 1 doente cujo estado exija privacidade, possuindo instalações sanitárias privativas e uma área útil mínima de 14+5 m ² . Poderão existir quartos particulares para utentes que desejem ficar sozinhos.
Espaço/Piso técnico	Espaço com um pé direito livre mínimo de 3,00 m, adequado ao atravancamento e às necessidades de manutenção dos equipamentos que serão aqui instalados.

(*) Considera-se que um gabinete médico e uma sala de consulta são espaços que desempenham a mesma função, não sendo por isso necessário definir os dois.

(**) Considera-se que uma sala de espera e uma sala de convívio são espaços que desempenham a mesma função, não sendo por isso necessário definir os dois.

4.3.3. QUADRO V

O Quadro V, presente em anexo no RRAE, potencia situações de erro ao apresentar valores diferentes consoante o sentido da leitura, ou seja, para o mesmo par de locais A e B, um recetor e outro emissor, existem exigências diferentes consoante o local A é emissor ou recetor. O Quadro 4.2 apresenta alguns exemplos das referidas situações, verificando-se casos com diferenças de 15 dB ou 3 dB nos valores exigidos. Ao todo existem vinte pares emissor-recetor que apresentam este erro.

Quadro 4.2 – Exemplos de erros existentes no Quadro V do RRAE

Local de emissão	Local de receção	$D_{nT,w}$ exigido pelo RRAE
Bloco operatório	Enfermaria	40
Enfermaria	Bloco operatório	55
Bloco operatório	Sala de tratamento	40
Sala de tratamento	Bloco operatório	55
Bloco operatório	Sala administrativa	40
Sala administrativa	Bloco operatório	55
Bloco operatório	Sala de convívio	40
Sala de convívio	Bloco operatório	55
Enfermaria	Sala administrativa	45
Sala administrativa	Enfermaria	48
Enfermaria	Sala de convívio	45
Sala de convívio	Enfermaria	48
Gabinete médico	Enfermaria	40
Enfermaria	Gabinete médico	55
Gabinete médico	Sala de tratamento	40
Sala de tratamento	Gabinete médico	55
Gabinete médico	Sala administrativa	40
Sala administrativa	Gabinete médico	55
Gabinete médico	Sala de convívio	40
Sala de convívio	Gabinete médico	55

Com o intuito de corrigir os erros detetados, procedeu-se à elaboração do quadro 4.3, uma vez que de um ponto de vista exigencial deveria existir um valor único, independentemente do local A ser recetor ou emissor, pois não se pode projetar de forma diferente consoante o sentido do estímulo sonoro.

É também importante salientar que os espaços/locais presentes neste quadro foram alterados à luz do que foi descrito no subcapítulo anterior (ver 4.3.2), estando as alterações a negrito.

Quadro 4.3 – Proposta de correção do Quadro V do RRAE

Locais de receção - Locais de emissão	Bloco operatório, Gabinete médico e Sala de exame	Enfermaria, Quarto privado e Sala de tratamento	Sala administrativa e Sala de espera
Bloco operatório, Gabinete médico e Sala de exame	≥ 48		≥ 55
Enfermaria, Quarto privado e Sala de tratamento	≥ 55	≥ 45	≥ 48
Sala administrativa e Sala de espera			≥ 48
Circulação interna (*)	≥ 35		≥ 30
Espaços de alimentação (refeitórios, cozinhas e bares)	≥ 52		≥ 45
Oficina	≥ 55		≥ 48

(*) Considerando que haverá uma porta de comunicação com os locais recetores; se tal não for o caso, os valores indicados serão acrescidos de 15 dB

4.3.4. SÍNTESE DOS PONTOS CRÍTICOS

De seguida é apresentado um resumo dos problemas/erros encontrados no artigo 8º do RRAE:

- Terminologia diferente nos Quadros V e VI;
- O nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$ é apenas exigido nos espaços presentes no Quadro VI;
- O $L_{Ar,nT}$ devia apresentar valores mais exigentes para situações de funcionamento intermitente dos equipamentos;
- O RRAE não explica que os ensaios não têm de ser realizados para espaços contíguos;
- As exigências deviam ser feitas para edifícios com valências similares em vez de ser para “edifícios similares”;
- O referido regulamento não apresenta uma definição para os espaços sobre os quais legisla;
- O Quadro V apresenta valores diferentes para um mesmo par recetor-emissor, consoante um dos locais desse par é o emissor ou o recetor.

4.4. PROPOSTA DE ARTIGO PARA O RRAE

Neste ponto do quarto capítulo é apresentada uma proposta de correção para o artigo 8.º do RRAE, sendo corrigidos todos os aspetos referidos no ponto 4.3.4. Estas correções encontram-se sombreadas e a negrito para mais facilmente serem identificadas.

Artigo 8.º

Edifícios hospitalares e outros com valências similares

1 — Os edifícios que se destinem à prestação de serviços hospitalares e de cuidados análogos estão sujeitos ao cumprimento dos seguintes requisitos acústicos:

a) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$, entre o exterior dos edifícios, como local emissor, e os compartimentos interiores identificados no quadro V do anexo ao presente Regulamento, como locais recetores, deve satisfazer o seguinte:

- i) $D_{2m, nT, w} \geq 33$ dB, em zonas mistas ou em zonas sensíveis reguladas pelas alíneas c), d) e e) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído;
- ii) $D_{2m, nT, w} \geq 28$ dB, em zonas sensíveis reguladas pela alínea b) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído;
- iii) Quando a área translúcida for superior a 60 % do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2m, nT, w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_{tr} , conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se os limites das subalíneas i) e ii);

b) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre locais do edifício deve satisfazer as condições indicadas no quadro V do anexo ao presente Regulamento;

c) No interior dos locais de receção definidos no quadro V do anexo ao presente Regulamento, como locais recetores, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, proveniente de uma excitação de percussão normalizada sobre pavimentos de outros locais do edifício, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte:

- i) $L'_{nT, w} \leq 60$ dB, se o local emissor for cozinha, refeitório ou oficina;
- ii) $L'_{nT, w} \leq 65$ dB, para os restantes locais emissores;

d) No interior dos locais constantes do quadro VI do anexo ao presente Regulamento, considerados mobilados normalmente e sem ocupação, o tempo de reverberação, T , correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, deve satisfazer as condições indicadas no referido quadro;

e) O paramento interior da envolvente dos corredores de circulação interna deve ser dotado de revestimentos absorventes sonoros, cuja área de absorção sonora equivalente, A (m^2), correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, seja maior ou igual a 25 % da superfície de pavimento dos locais considerados;

f) No interior dos locais de receção indicados no **quadro V** do anexo ao presente Regulamento, o nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, do ruído particular de equipamentos do edifício deve satisfazer ao seguinte:

- i) $L_{Ar, nT} \leq 30$ dB (A), se o funcionamento do equipamento for intermitente;
- ii) $L_{Ar, nT} \leq 35$ dB (A), se o funcionamento do equipamento for contínuo.

2 — A determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$ ou $D_{nT, w}$, do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, do tempo de reverberação, T , e do nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, deve ser efetuada em conformidade com o disposto na normalização portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional, **não sendo exigida a contiguidade dos espaços estudados.**

3 — Na determinação das componentes tonais do nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, adota-se a metodologia definida no anexo I ao Regulamento Geral do Ruído.

4 — 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.

5 — O edifício, ou qualquer das suas partes, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:

- O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$ ou $D_{nT, w}$, acrescido do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
- O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, diminuído do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
- O valor obtido para o nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, diminuído do fator I no valor de 3 dB (A), satisfaça o limite regulamentar;
- O valor obtido para o tempo de reverberação, T , diminuído do fator I no valor de 25 % do limite regulamentar, satisfaça o limite regulamentar.

ANEXO

Quadro V

[a que se refere o artigo 8º, nº 1, alíneas a), b) e c)]

Locais de receção - Locais de emissão	Bloco operatório, Gabinete médico e Sala de exame	Enfermaria, Quarto privado e Sala de tratamento	Sala administrativa e Sala de espera
Bloco operatório, Gabinete médico e Sala de exame	≥ 48	≥ 55	
Enfermaria, Quarto priva- do e Sala de tratamento	≥ 55	≥ 45	≥ 48
Sala administrativa e Sala de espera		≥ 48	
Circulação interna (*)	≥ 35	≥ 30	
Espaços de alimentação (refeitórios, cozinhas e bares)	≥ 52	≥ 45	
Oficina	≥ 55	≥ 48	

(*) Considerando que haverá uma porta de comunicação com os locais recetores; se tal não for o caso, os valores indicados serão acrescidos de 15 dB

Quadro VI
[a que se refere o artigo 8º, nº 1, alíneas d) e f)]

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz – 2kHz)
Enfermarias ($V \geq 100 \text{ m}^3$)	$T \leq 0,15 V^{1/3} \text{ [s]}$
Refeitórios	$T \leq 0,15 V^{1/3} \text{ [s]}$
Átrios e salas de espera ($V \geq 100 \text{ m}^3$):	
Sem difusão de mensagens sonoras	$T \leq 0,15 V^{1/3} \text{ [s]}$
Com difusão de mensagens sonoras	$T \leq 0,12 V^{1/3} \text{ [s]}$

V = volume interior do recinto em causa

5

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO
ACÚSTICO

5.1. CRITÉRIO DE AMOSTRAGEM

A realização de ensaios acústicos em edifícios assenta na escolha de locais representativos onde ensaiar, pois muitas vezes os prazos apertados e a escassez de meios impedem uma análise detalhada a cada compartimento. Esta falta de detalhe poderia originar resultados não representativos da realidade, caso não existissem regras para a escolha dos locais a ensaiar (ver referência [40]) e caso não se verificasse uma repetição das soluções construtivas e da tipologia dos espaços estudados em, por exemplo, edifícios do género hospitalar.

Assim, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) criou um documento onde define “os critérios gerais de amostragem para ensaios e medições acústicas, a utilizar na avaliação acústica dos edifícios, visando a verificação da sua conformidade com as disposições legais em vigor” (LNEC, 2012; I), sendo que para edifícios hospitalares e similares, a variedade de espaços a estudar depende do parâmetro que se pretende determinar: [40]

- Para o isolamento a sons aéreos e de percussão, devem ser estudadas todas as soluções construtivas com diferente constituição, diferente composição e que sejam influenciadas por diferentes exigências de padronização (tempo de reverberação de referência);
- Para o condicionamento acústico interior, devem ser estudados todos os espaços com diferentes configurações geométricas e diferentes soluções de revestimento interior;
- Para o ruído de equipamentos deve ser verificado o nível de ruído, $L_{Ar,nT}$, para todos os equipamentos instalados nos espaços em situação de exposição mais desfavorável.

O referido documento define como espaços com diferente constituição aqueles que apresentam diferentes materiais e/ou espessura das soluções construtivas (por exemplo, paredes de alvenaria simples com espessura diferente), e como espaços com diferente composição aqueles que possuem uma geometria diferente em termos da área das soluções construtivas, por exemplo, paredes de fachada com elementos envidraçados com área distinta.

À luz dos critérios aqui apresentados seria necessário realizar um número muito elevado de ensaios para cobrir todas as possibilidades, o que seria inviável tendo em conta o tempo disponível para a realização desta dissertação.

Cumulativamente aos locais a ensaiar segundo os critérios do LNEC, existem também os locais referidos no RRAE, pois só através do Quadro V deste regulamento é possível criar noventa e seis pares diferentes de emissor-recetor, cada par com exigências próprias ao nível do índice de isolamento sono-

ro a sons de condução aérea. Este valor resulta da existência de doze potenciais locais de emissão (por exemplo: bloco operatório, gabinete médico, enfermaria, sala de convívio, refeitório, oficina, circulação interna...) e oito potenciais locais de receção (por exemplo: sala de consulta, enfermaria, sala administrativa, sala de convívio, bloco operatório...). Neste trabalho são estudados apenas sete desses noventa e seis pares, como é mostrado no capítulo 6.

Face a esta situação optou-se por ensaiar locais que retratem a pior possibilidade, mas que sejam representativos, enquanto simultaneamente se tem em atenção as condicionantes próprias de um edifício hospitalar, nomeadamente, as atividades realizadas e o conforto dos utentes e corpo médico:

- Gabinete médico do piso 4 – este local é representativo do que se encontra nos restantes pisos, além de apresentar uma vantagem na realização do ensaio de percussão uma vez que o piso 3 está vago, o que não causaria tanto incómodo.
- Sala de consulta do piso 0 – este local foi escolhido para a realização dos ensaios aos sons aéreos pois é representativo do que existe no hospital e situa-se na parte antiga, ou seja, na parte construída quando não existiam exigências acústicas (uma parte da ala nordeste sofreu obras recentes, não tendo sido por isso escolhida neste estudo).
- Quarto particular do piso 4 ala poente – este espaço foi escolhido por ser representativo do que existe nos restantes pisos de internamento em termos construtivos e dimensionais, além de apresentar como vantagens o facto de estar vago e mobilado, se situar por cima de um piso vago (o que é benéfico no ensaio de percussão devido ao incómodo gerado), possuir varanda (o que permite realizar ensaios de isolamento de fachada) e ser contíguo a um refeitório (o que agrava os níveis de ruído existentes).
- Refeitório piso 4 – este espaço foi escolhido por apresentar características representativas do que existe nos pisos de internamento, além de se encontrar mobilado e menos frequentado, visto a ala poente deste piso estar vaga, gerando-se menos incómodo.
- Sala de convívio do piso 4 – esta sala foi escolhida por apresentar características representativas ao nível construtivo e por possuir a volumetria desejada pelo RRAE ($V \geq 100 \text{ m}^3$).
- Farmácia piso -1 – este espaço foi escolhido aquando dos ensaios com o gerador de emergência por estar perto da zona onde este se situa, representando assim um local onde o incómodo será maior para as pessoas que aqui trabalham diariamente.
- Quarto particular do piso 3 ala poente – este local foi escolhido para as medições do ensaio com o gerador de emergência por ser representativo da tipologia existente nos restantes pisos. Além disso, encontra-se próximo do gerador e tem, a partir da varanda, uma vista desimpedida para o espaço onde este se encontra (ver fig.6.38).
- Sala de consulta do piso 0 ala sul – este espaço foi escolhido para a realização das medições do equipamento de climatização existente no exterior do edifício, visto este situar-se imediatamente por baixo da janela desta sala.

No Anexo A.2 é possível consultar as plantas do hospital em estudo onde estão assinalados os locais a ensaiar, fazendo-se referência ao tipo de ensaio a realizar em cada local, ou seja, ao parâmetro que se pretende determinar.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DOS ENSAIOS

5.2.1. ENSAIO PARA MEDIÇÃO, *IN SITU*, DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS ENTRE COMPARTIMENTOS, $D_{NT,W}$

Este subcapítulo é redigido com base em informação presente na norma NP EN ISO 140-4, ver referência [41].

As medições realizadas para este ensaio devem ser idealmente feitas em terços de oitava, desde os 100 Hz até aos 3150 Hz, pois o índice determinado não pode ser diretamente comparado com o valor obtido caso se meça por oitavas. Poder-se-á, por exemplo, utilizar ruído branco para produzir o campo sonoro no compartimento emissor, sendo que *“a potência sonora da fonte deve ser suficiente, de forma a que o nível de pressão sonora no compartimento recetor seja, no mínimo, 10 dB mais elevado que o nível do ruído de fundo em qualquer banda de frequências”* (NP EN ISO 140-4, 2000; 8), caso contrário será necessário proceder a correções do ruído de fundo.

Ao utilizar apenas uma fonte sonora, esta deve ser colocada em duas posições diferentes, criando um campo sonoro difuso e estando situada a uma certa distância do elemento separador e dos elementos marginais:

- Distância mínima de 0,7 metros entre posições do altifalante;
- Distância mínima de 0,5 metros entre os limites do compartimento e o centro geométrico da fonte sonora;
- Não devem ser utilizadas posições da fonte que possam ser contidas em planos paralelos às fronteiras do compartimento;
- Em compartimentos pequenos, a fonte deve ser colocada num canto.

No caso de se utilizar apenas um microfone fixo, este deverá ocupar, no mínimo, cinco posições de medição diferentes, respeitando as seguintes distâncias mínimas:

- 0,7 metros entre microfones;
- 0,5 metros entre uma posição do microfone e os limites do compartimento ou de elementos difusores;
- 1,0 metros entre uma posição do microfone e a fonte sonora, estando o microfone fora do campo sonoro direto estabelecido pela fonte.

Ao utilizar um microfone fixo e uma fonte sonora, é necessário realizar no mínimo dez medições, sendo que cada uma delas deverá ter uma duração mínima de seis segundos.

O tempo de reverberação também deve ser medido, com pelo menos três posições de microfone, uma vez que o seu valor entra no cálculo do índice de isolamento sonoro.

5.2.2. ENSAIO PARA MEDIÇÃO *IN SITU* DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS DE FACHADAS, $D_{2M,NT,W}$

Este subcapítulo é redigido com base em informação presente na norma NP EN ISO 140-5, ver referência [42].

No caso de se utilizar um altifalante, este tipo de ensaio pode ser realizado segundo dois métodos:

- Método de elementos com altifalante – permite obter uma estimativa da redução sonora, sendo que em certas condições particulares, este valor poderá ser comparado com o resultado obtido em laboratório. Neste método o nível médio de pressão sonora é medido diretamente sobre o provete de ensaio e também no local recetor. A fonte sonora deverá situar-

se num plano paralelo ao provete de ensaio e a pelo menos 3,5 metros deste, com um ângulo de incidência das ondas sonoras de $(45 \pm 5)^\circ$;

- Método global com altifalante – quantifica-se o isolamento sonoro a sons aéreos de uma fachada. Este valor não pode ser comparado com as medições realizadas em laboratório. Neste método o nível médio de pressão sonora é medido a dois metros de distância da fachada e também no local recetor. A fonte sonora deverá situar-se num plano paralelo ao provete de ensaio e a pelo menos 5 metros deste, com um ângulo de incidência das ondas sonoras de $(45 \pm 5)^\circ$

As medições devem ser realizadas no mínimo entre os 100 Hz e os 3150 Hz, para bandas de terço de oitava, ou entre os 125 Hz e os 2000 Hz, para bandas de oitava. *“Em todas as bandas de frequência relevantes, o nível de potência sonora da fonte sonora deve ser suficientemente elevado de forma a estabelecer um nível de pressão sonora no local recetor que exceda o nível do ruído de fundo em 6 dB, pelo menos.”* (NP EN ISO 140-5, 2000; 10), caso contrário dever-se-á proceder à correção ao ruído de fundo.

No caso de se utilizar apenas um microfone fixo, este deverá ocupar cinco posições de medição diferentes, respeitando as seguintes distâncias mínimas:

- 0,7 metros entre microfones;
- 0,5 metros entre qualquer posição do microfone e as fronteiras do local ou objetos no local;
- 1,0 metros entre qualquer posição do microfone e a fonte sonora;
- Segundo o método global, quando se realizar uma medição defronte da fachada, o microfone deverá estar a $(2,0 \pm 0,2)$ metros a partir do plano da fachada e a uma altura de 1,5 metros acima da cota do pavimento do local recetor.

O tempo de reverberação também deve ser medido, com pelo menos três posições de microfone, uma vez que o seu valor entra no cálculo do índice de isolamento sonoro.

5.2.3. ENSAIO PARA MEDIÇÃO *IN SITU* DO ISOLAMENTO SONORO DE PAVIMENTOS A SONS DE PERCUSSÃO, $L'_{NT,w}$

Este subcapítulo é redigido com base em informação presente na norma NP EN ISO 140-7, ver referência [43].

As medições do isolamento sonoro a sons de percussão em pavimentos deve ser idealmente feita em bandas de terço de oitava, desde os 100 Hz até aos 3150 Hz, pois o índice determinado pode não ser diretamente comparável com o valor obtido caso se meça por bandas de oitava.

A máquina de percussão utilizada neste ensaio deve estar equipada com cinco martelos alinhados com direção de queda perpendicular à superfície de ensaio, e deverá ser colocada, no mínimo, em quatro posições diferentes e a uma distância mínima de 0,5 metros dos limites do pavimento. As medições só devem ser iniciadas quando o nível de pressão sonora se tornar estacionário.

No caso de se utilizar um único microfone fixo, este deverá ocupar quatro posições diferentes, respeitando as seguintes distâncias mínimas:

- 0,7 metros entre microfones;
- 0,5 metros entre uma qualquer posição de microfone e as fronteiras do compartimento e elementos difusores;
- 1,0 metros entre uma qualquer posição de microfone e o pavimento (superior) excitado pela máquina de percussão.

Ao utilizar um microfone fixo, o número de medições deve ser, no mínimo, de dezasseis, valor resultante de quatro posições de microfone para cada uma das quatro posições da máquina de percussão. Estas medições deverão ter uma duração mínima de, pelo menos, seis segundos para cada posição do microfone.

O tempo de reverberação também deve ser medido, com pelo menos três posições de microfone, uma vez que o seu valor entra no cálculo do índice de isolamento sonoro.

A correção relativa ao ruído de fundo não deverá ser esquecida caso se verifique que a diferença entre o nível do sinal e do ruído de fundo combinados e o nível do ruído de fundo, é inferior a 10 dB.

5.2.4. ENSAIO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE EQUIPAMENTOS DE SERVIÇO EM EDIFÍCIOS, $L_{AR,NT}$

Este subcapítulo é redigido com base em informação presente na norma NP EN ISO 16032, ver referência [44].

“O nível de pressão sonora do equipamento de serviço é medido na gama de frequências compreendida entre 31,5 Hz/63 Hz e 8000 Hz, por bandas de oitava, como um espectro linear correspondente ao nível sonoro máximo, com ponderação A ou C, que ocorre durante um ciclo de funcionamento do equipamento de serviço em avaliação.” (NP EN ISO 16032, 2009; 11)

Neste ensaio, o nível de pressão sonora deverá ser medido em três posições do microfone, uma num canto do compartimento e duas na zona do campo sonoro reverberante. Para a escolha da posição de canto deve-se procurar o canto do compartimento com maior nível de pressão sonora ponderado C. Idealmente o microfone deve ficar, em cada canto, a 0,5 metros da parede e do piso, sendo esta altura igual para todos os cantos medidos. Devem ser excluídos os cantos que sejam dominados pelo som direto proveniente de uma fonte sonora no compartimento.

Relativamente às distâncias mínimas, a norma diz que:

- Entre cada uma das posições de microfone deverá existir uma distância mínima de 1,5 metros;
- A distância a qualquer fonte sonora no compartimento deverá ser de, pelo menos, 1,5 metros;
- A distância entre as posições reverberantes e qualquer superfície do compartimento deverá ser de, pelo menos, 0,75 metros;
- A altura acima do piso deverá ser de, pelo menos, 0,5 metros e no máximo 1,5 metros.

O número de medições a realizar em cada uma das posições do microfone depende do tipo de medição pretendido: nível sonoro contínuo equivalente ou nível de pressão sonora máximo (para mais informação consultar referência [44]).

A introdução da ponderação A ou C é efetuada a partir dos níveis de pressão sonora nas bandas de oitava do intervalo de frequências de 63 Hz a 8000 Hz e 31,5 Hz a 8000 Hz, respetivamente.

O tempo de reverberação também deve ser medido por bandas de oitava entre os 63 Hz e os 8000 Hz.

A correção devido ao ruído de fundo deverá ser feita caso se verifique que a diferença entre o nível de pressão sonora do equipamento de serviço e o nível do ruído de fundo, é inferior a 10 dB.

6

SÍNTESE E ANÁLISE DOS
RESULTADOS

6.1. AVALIAÇÃO DA REAÇÃO DOS UTENTES

6.1.1. ESTRATÉGIA E OBJETIVOS

O questionário desenvolvido teve como objetivo principal estudar a reação das pessoas aos estímulos auditivos existentes num hospital, que derivam muitas vezes das atividades levadas a cabo nestas instituições de saúde. Procura-se saber se o ruído é um fator que gera incómodo entre os utentes e, em caso afirmativo, quais as fontes de ruído que mais incomodam na ótica do inquirido.

Além da vertente do incómodo para o utente, existe também o objetivo de compreender até que ponto situações com valores de índices de isolamento que não cumprem os requisitos impostos pelo RRAE, são significativas para quem utiliza os espaços estudados, ou seja, será que mesmo quando não se cumprem os requisitos, os utentes não possuem queixas ao nível do incómodo gerado pelo ruído?

Avaliação da reação dos utentes do Hospital da Prelada Nº: 2

Data: 11/05/2012 Piso: 6 Quarto: Cama 24 Idade: 22

PERGUNTAS	SIM	NÃO
Tem problemas de audição?		☒
Se sim, usa um aparelho auditivo?		
Devido ao seu internamento, tem tido dificuldade em dormir?	☒	
Se sim, quais as causas?		
1. Dores devido ao procedimento a que esteve sujeito	☒	
2. Sensação de desconforto por ser um ambiente estranho e não familiar		
3. Barulho no horário das refeições		
4. Barulho produzido pelo companheiro de quarto	☒	
5. Barulho das enfermeiras	☒	
6. Barulho dos equipamentos		
7. Barulho dos carros na VCI		
8. Outra		

Fig. 6.1 – Pormenor do questionário preenchido e realizado junto dos utentes do Hospital da Prelada

Esta avaliação é constituída por duas partes principais: na primeira são feitas perguntas do foro pessoal com o objetivo de recolher informação sobre o utente (idade, se tem problemas de audição, se tem dificuldade em dormir...), enquanto na segunda parte são feitas perguntas relacionadas com a temática do ruído, dos sons compreendidos pelo auscultado e do incómodo causado. Toda a linguagem utilizada no conjunto de questões colocadas foi previamente pensada e escolhida com o objetivo de simplificar o processo e a compreensão das questões por parte do avaliado, enquanto simultaneamente se evita a introdução de termos técnicos. É possível consultar o questionário no anexo A.1.

6.1.2. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O questionário foi realizado para uma amostra de 13 utentes em situação de internamento, que passaram pelo menos uma noite no hospital. Os inquiridos ocupam quartos no 2º e 6º piso, tanto na ala Poente como na ala Nascente, possuindo uma idade média de 45,7 anos e uma distribuição etária representada na figura 6.2.

Faixa Etária dos Inquiridos

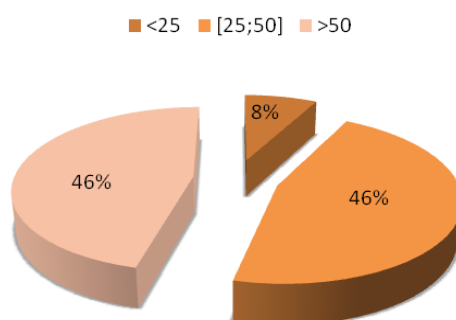


Fig. 6.2 – Faixa etária dos inquiridos

De seguida são apresentadas as perguntas feitas, com os respetivos comentários e resultados:

- “Tem problemas de audição?” – esta questão tem como objetivo compreender até que ponto a audição dos utentes está comprometida, o que poderia afetar os resultados. Da amostra estudada, 84,6% responderam que não. Os utentes com dificuldades auditivas não usam nenhum aparelho auxiliar.
- “Devido ao seu internamento, tem tido dificuldade em dormir?” – esta pergunta pretende perceber, mesmo que de forma indireta, se o utente se apercebe do ruído e se este afeta o seu descanso, como já foi dito que pode acontecer (ver ponto 2.4.1 desta dissertação). Das 13 respostas, 46,2% foram positivas, sendo que na figura 6.3 é possível analisar as causas de tal dificuldade. Com esta análise conclui-se que fatores como as dores e o ambiente estranho representam uma maior percentagem das causas da dificuldade em dormir (58%), enquanto fatores associados ao ruído representam 42%, resultando principalmente dos cuidados prestados pelas enfermeiras aos utentes em quartos tipo enfermaria (3 camas) e das atividades dos próprios companheiros de quarto.
- “Consegue ouvir...?” – este conjunto de perguntas, quatro no total, têm como intuito averiguar se os utentes internados nesta unidade hospitalar conseguem ouvir determinados sons. Os sons escolhidos podem ser facilmente associados a situações de isolamento legisladas no RRAE, ou seja: ao perguntar se ouvem carros na rua está-se a analisar o isolamento a

sons aéreos da fachada; ao perguntar se ouvem as pessoas no piso de cima está-se a analisar o isolamento do pavimento a sons de percussão; ao perguntar se ouvem as enfermeiras no corredor ou as televisões dos quartos vizinhos está-se a analisar o isolamento a sons aéreos entre compartimentos, tudo isto de forma indireta. Ao analisar a figura 6.4, onde está reunida toda a informação recolhida, é possível verificar que os utentes apenas apresentam uma resposta afirmativa com uma percentagem mais elevada para o cenário de ouvir as enfermeiras no corredor, no entanto, todos os utentes questionados fizeram questão de frisar que as enfermeiras se esforçam por praticar uma política de silêncio durante a noite. O utente que respondeu afirmativamente à questão dos carros na rua, explicou que tal acontecia apenas quando passavam veículos pesados ou veículos modificados (carros tuning), que circulavam com a caixa engrenada numa velocidade baixa.

- d) “De entre os seguintes barulhos, qual ou quais é que o incomodam mais?” – esta questão é colocada com o objetivo de compreender qual a fonte sonora que gera maior incómodo, apresentando-se várias das possibilidades mais frequentes. Os resultados estão presentes na figura 6.5, verificando-se uma clara incomodidade associada à passagem dos carrinhos metálicos que levam as refeições e medicamentos aos utentes (46%). Tais carrinhos produzem picos nos níveis sonoros quando passam nas juntas metálicas do edifício ou quando saem do elevador, possuindo rodas rígidas, o que ainda agrava mais esta situação. Tanto o caso dos carrinhos como o dos colegas de quarto são cenários que podem ser evitados e que não estão diretamente associados à acústica do edifício, já a questão do gerador de emergência, apesar de possuir uma percentagem baixa (7%), é um caso que merece um estudo mais aprofundado (ver ponto 6.2.5.3).

Causas da Dificuldade em Dormir

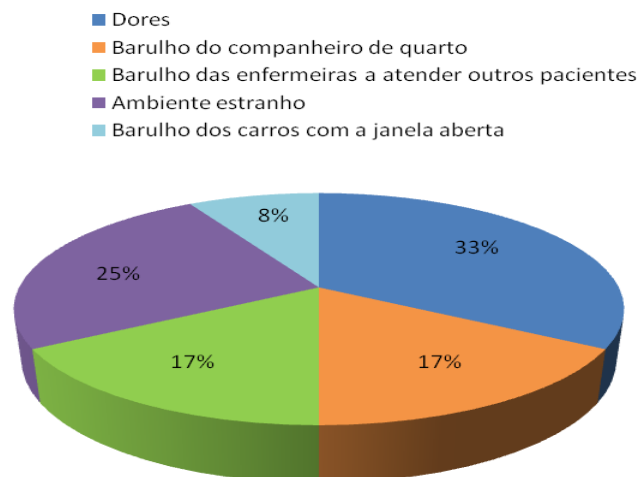


Fig. 6.3 – Causas da dificuldade em dormir durante o internamento

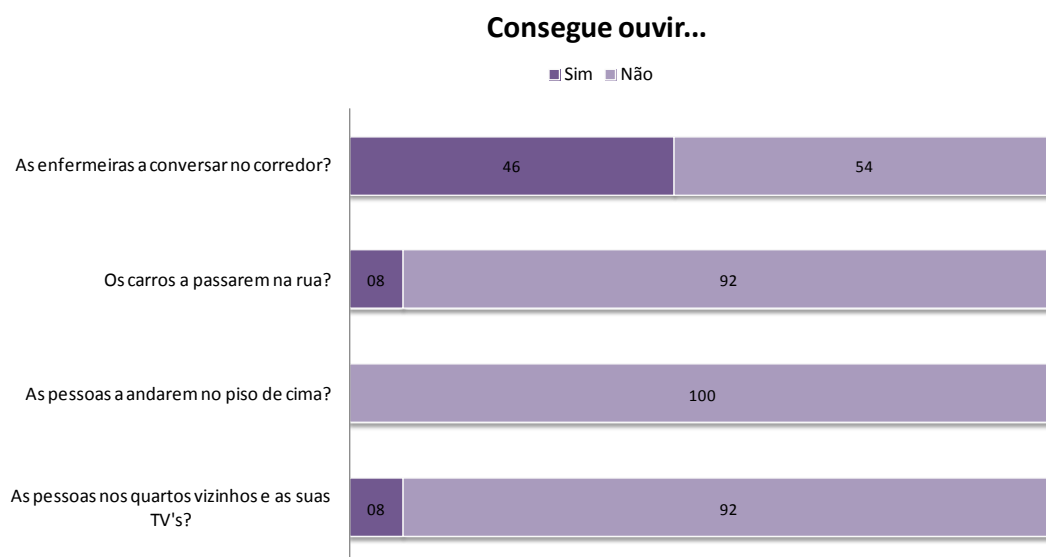


Fig. 6.4 – Capacidade do utente ouvir certos fenómenos

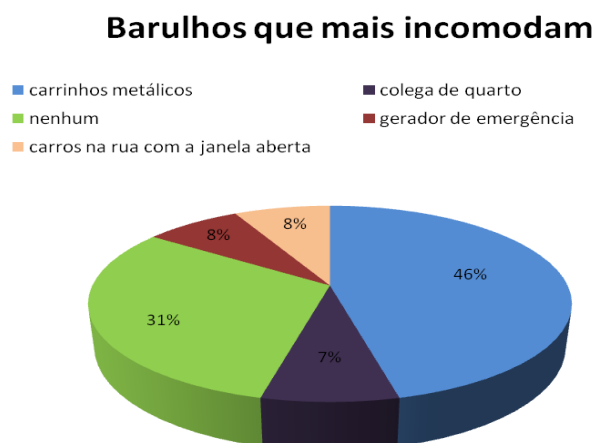


Fig. 6.5 – Barulhos que mais incomodam os utentes do hospital em estudo

Comentando estes dados à luz dos resultados dos ensaios, presentes no ponto 6.2., é possível verificar que, apesar do índice de isolamento a sons de percussão do pavimento do quarto não cumprir a exigência regulamentar, nenhum utente se queixa. No caso do isolamento a sons aéreos da fachada e entre quartos, não se verifica novamente o cumprimento do RRAE, no entanto, as queixas existentes são reduzidas e voltadas para casos particulares, como por exemplo, veículos pesados a passar na rua. O caso do isolamento quarto-corredor é aquele que apresenta maior percentagem de respostas positivas, indicando que o não cumprimento do isolamento neste campo está a ser perceptível para os utentes do hospital, sendo aconselhável proceder a medidas corretivas. O gerador de emergência é um equipamento que não cumpre o critério de incomodidade e isso repercute-se nas respostas obtidas no questionário realizado, nomeadamente, existe uma percentagem, ainda que reduzida, de utentes que se sentem incomodados pelo ruído produzido enquanto o equipamento está em funcionamento.

6.2. TRATAMENTO DOS DADOS DOS ENSAIOS

Os dados, resultados e características de todos os ensaios realizados também podem ser consultados nos boletins de ensaio presentes no anexo A.3. Os cálculos efetuados tiveram por base as referências [41] a [44].

6.2.1. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS DO ELEMENTO DE FACHADA, $D_{Is,2m,nT,w}$

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas num quarto particular, situado no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada. Colocou-se a fonte sonora na varanda e o microfone a, aproximadamente, 2 metros da fachada e a 1,5 metros acima da cota do pavimento do compartimento recetor. Foram realizadas cinco posições de microfone uma vez que a área da varanda é reduzida, tornando desnecessária a utilização de duas posições de fonte sonora.

O valor único do nível médio de pressão sonora por banda de frequência é obtido através da equação (6.1), que retrata uma média energética das n posições do microfone:

$$L_i = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) - 10 \times \log(n) \quad (6.1)$$

Onde, L_n – níveis de pressão sonora nas n posições do microfone (dB)

Recorrendo à equação (6.1) é possível determinar L_1 , nível médio de pressão sonora no emissor, L_2 , nível médio de pressão sonora no recetor, e L_{RF} , nível médio do ruído de fundo.

Quadro 6.1 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	L_{RF} (dB)	$L_2 - L_{RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	59,5	47,7	40,2	7,5	46,8	0,62
125	58,9	48,5	41,8	6,7	47,4	0,99
160	60,2	49,1	42,2	7,0	48,1	0,82
200	62,3	53,9	37,4	16,6	53,9	0,81
250	62,7	46,3	37,9	8,5	45,7	0,76
315	63,8	45,6	35,4	10,2	45,6	0,68
400	65,2	46,0	32,5	13,5	46,0	0,83
500	65,1	46,7	34,2	12,5	46,7	0,86
630	66,3	46,3	33,3	12,9	46,3	0,88
800	64,4	45,1	32,8	12,3	45,1	0,80
1000	63,4	42,2	31,9	10,3	42,2	0,79
1250	63,0	44,8	31,1	13,7	44,8	0,82
1600	63,4	42,8	29,0	13,8	42,8	0,75
2000	63,7	42,7	25,5	17,2	42,7	0,80
2500	62,5	43,0	23,7	19,3	43,0	0,76
3150	67,1	44,6	21,3	23,2	44,6	0,75

A coluna “ $L_{2, final}$ ” no quadro anterior já apresenta a correção ao ruído de fundo, pois como é explicado na norma NP EN ISO 140-5, esta correção deve ser feita sempre que a diferença entre o nível do sinal de ensaio e do ruído de fundo combinados e o nível do ruído de fundo for inferior a 10 dB mas superior a 6 dB, sendo calculada pela seguinte equação:

$$L = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right) \quad (6.2)$$

Onde, L – nível do sinal corrigido (dB)

L_{sb} – nível do sinal e do ruído de fundo combinados (dB)

L_b – nível do ruído de fundo (dB)

Assim se verifica que esta correção foi necessária para as bandas de frequências dos 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz e 250 Hz.

A última coluna do Quadro 6.1 apresenta o valor médio do tempo de reverberação para cada banda de frequências, tendo sido calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

Recorrendo à equação (2.14) é possível calcular os valores do $D_{ls,2m,nT}$ a partir dos dados presentes no Quadro 6.1. A partir destes valores por banda de frequência, e por ajuste da curva real de $D_{ls,2m,nT}$ à curva de referência, presente no Quadro 3 da NP EN ISO 717-1, é possível obter-se um índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado, $D_{ls,2m,nT,w}$.

Este ajuste segue uma metodologia baseada em sucessivas iterações por forma a que a diferença entre a curva de referência e a curva real resulte em afastamentos positivos, os quais, quando somados e divididos pelo número de bandas de frequências utilizadas, deverão dar o maior valor possível sem ultrapassar 2,0. O índice de isolamento sonoro pretendido corresponde ao valor que é lido na curva de referência deslocada, para a frequência dos 500 Hz, obtendo-se neste caso 22 dB como mostra o Quadro 6.2. Este procedimento também pode ser ilustrado graficamente, como demonstra a figura 6.7.

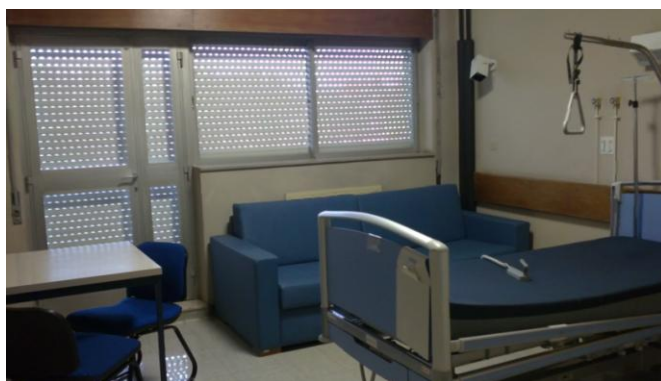


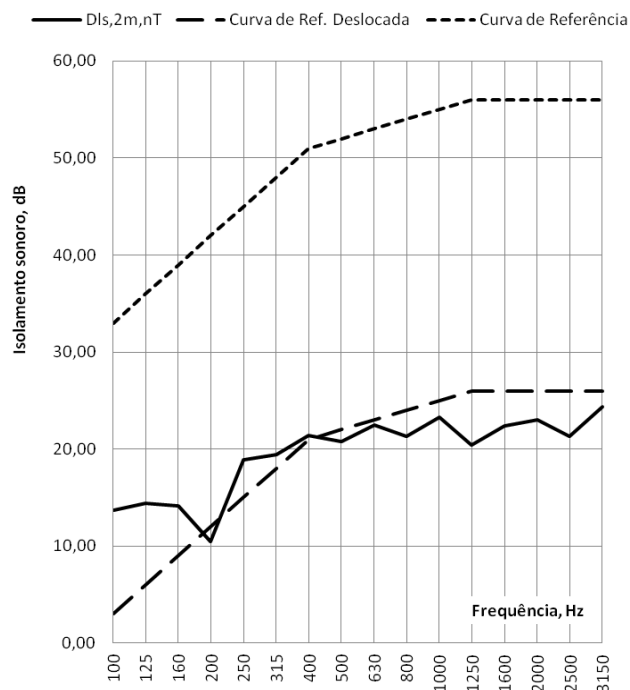
Fig. 6.6 – Interior do quarto particular estudado

Quadro 6.2 – Processo de iteração para determinar $D_{Is,2m,nT,w}$

f (Hz)	$D_{Is,2m,nT}$ (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{Is,2m,nT}$ (dB)
100	13,68	3,00	33	0	3	-
125	14,42	6,00	36	3	6	-
160	14,19	9,00	39	6	9	-
200	10,47	12,00	42	9	12	1,53
250	18,88	15,00	45	12	15	-
315	19,46	18,00	48	15	18	-
400	21,38	21,00	51	18	21	-
500	20,76	22,00	52	19	22	1,24
630	22,49	23,00	53	20	23	0,51
800	21,32	24,00	54	21	24	2,67
1000	23,29	25,00	55	22	25	1,70
1250	20,42	26,00	56	23	26	5,57
1600	22,39	26,00	56	23	26	3,60
2000	23,02	26,00	56	23	26	2,98
2500	21,32	26,00	56	23	26	4,68
3150	24,36	26,00	56	23	26	1,63

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,64 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.7 – Método gráfico para ajuste da curva real, $D_{Is,2m,nT}$, à curva de referência

Segundo o artigo 8.º alínea a.iii) do RRAE, é necessário proceder ao cálculo dos termos de adaptação espectral C e C_{tr} sempre que a área translúcida do elemento de separação ser superior a 60% (ver figura 6.6). O termo C é calculado a partir do espectro nº 1 e está associado a ensaios onde se utilizou ruído rosa, enquanto o termo C_{tr} é calculado a partir do espectro nº 2 e para a utilização de ruído de tráfego urbano. A norma NP EN ISO 717-1 apresenta as fórmulas de cálculo dos referidos parâmetros:

$$C_j = X_{Aj} - X_w \quad (6.3)$$

Onde, j – é o índice de identificação do espectro em causa

X_w – é o índice de isolamento sonoro calculado, ou seja, neste caso é o $D_{Is,2m,nT,w}$

$$X_{Aji} = -10 \times \log \left(\sum 10^{\frac{L_{ij} - X_i}{10}} \right) \quad (6.4)$$

Onde, X_i – é a diferença de níveis padronizada, neste caso, $D_{Is,2m,nT}$, para a banda de frequências i , aproximado a uma casa decimal.

L_{ij} – níveis de pressão sonora para a banda de frequências i e espectro j , presentes no Quadro 6.3

Quadro 6.3 – Níveis de pressão sonora, L_{ij} , para cálculo dos termos de adaptação espectral [45]

Banda de frequências (Hz)	Espectro nº1 para cálculo de C	Espectro nº2 para cálculo de C_{tr}	Banda de frequências (Hz)	Espectro nº1 para cálculo de C	Espectro nº2 para cálculo de C_{tr}
100	-29	-20	630	-12	-11
125	-26	-20	800	-11	-9
160	-23	-18	1000	-10	-8
200	-21	-16	1250	-9	-9
250	-19	-15	1600	-9	-10
315	-17	-14	2000	-9	-11
400	-15	-13	2500	-9	-13
500	-13	-12	3150	-9	-15

Assim sendo, e com os dados do ensaio, obteve-se:

$$C_{tr} = 20,2 - 22 = -1,8 \cong -2$$

$$C = 21,4 - 22 = -0,6 \cong -1$$

Logo, o resultado final que se utiliza para comparação com as exigências legisladas é:

$$D_{Is,2m,nT,w}(C; C_{tr}) = 22 \text{ (-1; -2) dB}$$

6.2.2. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS ENTRE COMPARTIMENTOS, $D_{nT,w}$

6.2.2.1. Quarto-Refeitório

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas num quarto particular, situado no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada num refeitório contíguo ao quarto e fizeram-se dez posições de microfone, cinco posições para cada posição da fonte.

Recorrendo às equações (6.1) e (6.2) e à metodologia já anteriormente explicada (ver ponto 6.2.1), é possível obter o Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	$L_{,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	76,6	42,8	40,2	2,6	41,5	0,62
125	75,0	44,7	41,8	2,9	43,4	0,99
160	78,4	44,9	42,2	2,7	43,6	0,82
200	77,1	41,1	37,4	3,7	39,8	0,81
250	75,3	40,0	37,9	2,1	38,7	0,76
315	75,7	38,1	35,4	2,7	36,8	0,68
400	76,2	37,4	32,5	4,9	36,1	0,83
500	74,0	37,2	34,2	3,0	35,9	0,86
630	74,9	35,8	33,3	2,5	34,5	0,88
800	74,8	35,2	32,8	2,4	33,9	0,80
1000	73,7	33,9	31,9	2,0	32,6	0,79
1250	72,4	36,3	31,1	5,2	35,0	0,82
1600	75,0	34,2	29,0	5,1	32,9	0,75
2000	74,4	32,0	25,5	6,6	31,0	0,80
2500	73,5	29,5	23,7	5,9	28,2	0,76
3150	77,7	29,6	21,3	8,3	28,9	0,75

Também a norma NP EN ISO 140-4 exige uma correção ao ruído de fundo sempre que a diferença entre o nível do sinal, combinado com o ruído de fundo, e o nível do ruído de fundo for inferior a 10 dB e superior a 6 dB. Neste caso verifica-se que em muitas bandas de frequências tal diferença é inferior a 6 dB, aí a correção aplicada é de 1,3 dB. Pela análise do quadro acima é possível concluir que todas as bandas de frequência sofreram correção devido ao ruído de fundo.

A última coluna do Quadro 6.4 apresenta o valor médio do tempo de reverberação para cada banda de frequência, tendo sido calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

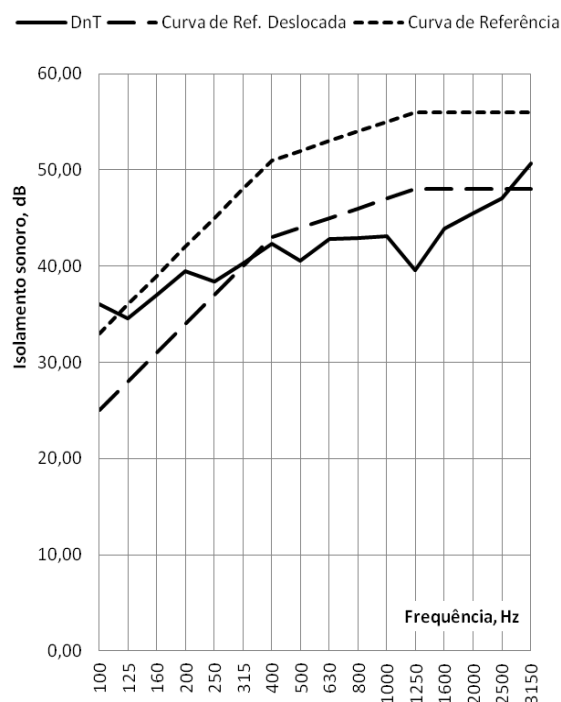
Recorrendo novamente ao processo iterativo, já explicado no ponto 6.2.1, obteve-se um índice de isolamento sonoro de 44 dB, como comprovam os cálculos efetuados no Quadro 6.5. Este processo também pode ser analisado através da figura 6.8.

Quadro 6.5 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	36,08	25,00	33	0	25	-
125	34,56	28,00	36	3	28	-
160	37,00	31,00	39	6	31	-
200	39,47	34,00	42	9	34	-
250	38,43	37,00	45	12	37	-
315	40,22	40,00	48	15	40	-
400	42,28	43,00	51	18	43	0,71
500	40,52	44,00	52	19	44	3,47
630	42,83	45,00	53	20	45	2,16
800	42,95	46,00	54	21	46	3,05
1000	43,11	47,00	55	22	47	3,88
1250	39,62	48,00	56	23	48	8,38
1600	43,91	48,00	56	23	48	4,09
2000	45,43	48,00	56	23	48	2,56
2500	47,05	48,00	56	23	48	0,95
3150	50,64	48,00	56	23	48	-

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,83 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.8 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.2.2. Quarto-Circulação Interna

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas num quarto particular, situado no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada no corredor/circulação interna comunicante com o quarto (ver figura 6.9) e fizeram-se cinco posições de microfone, tentando assim minimizar o incómodo causado aos utentes internados. A figura 6.10 mostra a porta de entrada para o quarto (ligação quarto-corredor), a qual é dupla e desigual.



Fig. 6.9 e 6.10 – Corredor que serve o quarto estudado e porta de entrada no quarto (local recetor)

Recorrendo às equações (6.1) e (6.2) e à metodologia explicada no ponto 6.2.1, obtém-se o Quadro 6.6.

Quadro 6.6 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	$L_{1,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{1,RF}$ (dB)	$L_{2,final}$ (dB)	T (s)
100	70,3	51,3	40,2	11,1	51,3	0,62
125	66,3	48,3	41,8	6,5	47,2	0,99
160	73,8	51,8	42,2	9,6	51,2	0,82
200	69,7	50,5	37,4	13,1	50,5	0,81
250	71,8	50,7	37,9	12,9	50,7	0,76
315	73,7	52,6	35,4	17,2	52,6	0,68
400	74,8	54,2	32,5	21,7	54,2	0,83
500	74,4	52,9	34,2	18,8	52,9	0,86
630	75,1	52,6	33,3	19,3	52,6	0,88
800	74,9	53,6	32,8	20,8	53,6	0,80
1000	72,8	50,4	31,9	18,5	50,4	0,79
1250	72,5	49,8	31,1	18,7	49,8	0,82
1600	74,7	52,7	29,0	23,7	52,7	0,75
2000	73,8	53,1	25,5	27,7	53,1	0,80
2500	73,4	53,1	23,7	29,4	53,1	0,76
3150	77,2	55,6	21,3	34,2	55,6	0,75

Como já foi referido em 6.2.2.1, a norma NP EN ISO 140-4 exige uma correção ao ruído de fundo. Pela análise do quadro anterior conclui-se que esta correção só é aplicada nas bandas de frequências dos 125 Hz e 160 Hz (valor da diferença inferior a 10 dB).

A última coluna do Quadro 6.6 apresenta o valor médio do tempo de reverberação para cada banda de frequências, calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

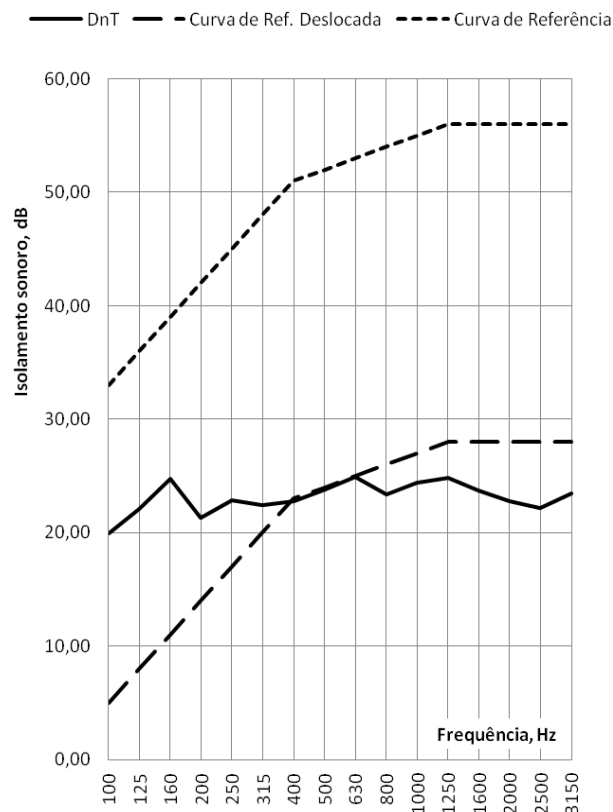
Através da utilização do processo iterativo explicado no ponto 6.2.1, obteve-se um índice de isolamento sonoro de 24 dB, como comprovam os cálculos efetuados no Quadro 6.7 e como ilustra a figura 6.11.

Quadro 6.7 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	19,97	5,00	33	0	5	-
125	22,12	8,00	36	3	8	-
160	24,72	11,00	39	6	11	-
200	21,31	14,00	42	9	14	-
250	22,84	17,00	45	12	17	-
315	22,42	20,00	48	15	20	-
400	22,77	23,00	51	18	23	0,23
500	23,85	24,00	52	19	24	0,15
630	24,88	25,00	53	20	25	0,12
800	23,38	26,00	54	21	26	2,62
1000	24,45	27,00	55	22	27	2,55
1250	24,81	28,00	56	23	28	3,19
1600	23,73	28,00	56	23	28	4,27
2000	22,75	28,00	56	23	28	5,25
2500	22,14	28,00	56	23	28	5,86
3150	23,45	28,00	56	23	28	4,55

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,80 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.11 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.2.3. Quarto-Quarto

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas num quarto particular, situado no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada noutro quarto particular, contíguo ao compartimento recetor. Realizaram-se dez posições de microfone, resultantes de cinco posições do microfone para cada posição da fonte.

Recorrendo às equações (6.1) e (6.2) e à metodologia explicada no ponto 6.2.1, é possível obter o Quadro 6.8, no qual se verifica que a correção ao ruído de fundo exigida pela norma NP EN ISO 140-4 só não é necessária para a banda de frequência dos 3150 Hz. Em algumas situações (bandas dos 125 Hz, 160 Hz, 250 Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz e 1600 Hz) a diferença é inferior a 6 dB, o que resulta numa correção sem fórmula de cálculo e de valor fixo igual a 1,3 dB.

A última coluna do Quadro 6.8 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, para cada banda de frequência, calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

Através da utilização do processo iterativo explicado no ponto 6.2.1, obteve-se um índice de isolamento sonoro de 40 dB, como demonstram os cálculos efetuados no Quadro 6.9. Este processo também pode ser analisado graficamente através das curvas de referência, normal e deslocada, e da curva real, D_{nT} (ver figura 6.12).

Quadro 6.8 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	$L_{,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	73,6	47,1	40,2	7,0	46,1	0,62
125	73,6	46,1	41,8	4,3	44,8	0,99
160	73,8	44,4	42,2	2,2	43,1	0,82
200	72,4	44,3	37,4	6,9	43,3	0,81
250	71,5	41,5	37,9	3,7	40,2	0,76
315	73,6	41,8	35,4	6,4	40,7	0,68
400	75,1	42,6	32,5	10,0	42,1	0,83
500	74,9	40,9	34,2	6,7	39,8	0,86
630	74,4	40,3	33,3	7,0	39,3	0,88
800	74,5	38,2	32,8	5,3	36,9	0,80
1000	72,7	35,8	31,9	3,9	34,5	0,79
1250	71,5	34,1	31,1	2,9	32,8	0,82
1600	74,4	33,7	29,0	4,7	32,4	0,75
2000	74,4	33,0	25,5	7,6	32,2	0,80
2500	73,3	32,9	23,7	9,3	32,4	0,76
3150	77,4	34,7	21,3	13,3	34,7	0,75

Quadro 6.9 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	28,45	21,00	33	0	21	-
125	31,77	24,00	36	3	24	-
160	32,89	27,00	39	6	27	-
200	31,21	30,00	42	9	30	-
250	33,11	33,00	45	12	33	-
315	34,24	36,00	48	15	36	1,75
400	35,23	39,00	51	18	39	3,76
500	37,41	40,00	52	19	40	2,58
630	37,56	41,00	53	20	41	3,44
800	39,66	42,00	54	21	42	2,33
1000	40,15	43,00	55	22	43	2,84
1250	40,87	44,00	56	23	44	3,12
1600	43,77	44,00	56	23	44	0,22
2000	44,23	44,00	56	23	44	-
2500	42,74	44,00	56	23	44	1,26
3150	44,47	44,00	56	23	44	-

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,29 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

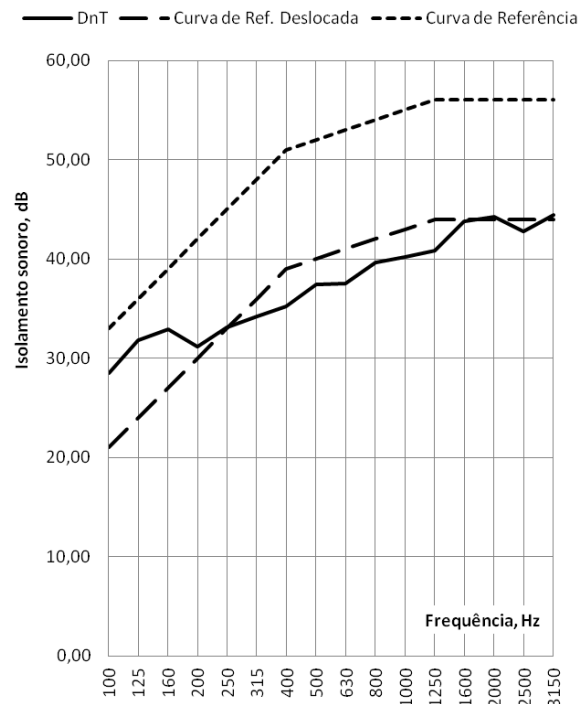


Fig. 6.12 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.2.4. Gabinete Médico-Circulação Interna

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas num gabinete médico, situado no quarto piso do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada no corredor/circulação interna, contíguo ao compartimento recetor, não existindo nenhuma porta que permita a ligação direta entre estes dois espaços. Realizaram-se cinco posições de microfone para uma posição de fonte, tentando deste modo não incomodar de forma excessiva os utentes internados em quartos próximos da zona em estudo.

Recorrendo às equações (6.1) e (6.2) e à metodologia explicada no ponto 6.2.1, é possível obter o Quadro 6.10. A norma NP EN ISO 140-4 exige a correção devido ao ruído de fundo para situações em que a diferença “ $L_2 - L_{RF}$ ” seja inferior a 10 dB, como acontece para todas as bandas de frequências, exceto para a banda dos 100 Hz. Quando esta diferença é inferior a 6 dB procede-se a uma correção de valor igual a 1,3 dB.

A última coluna do Quadro 6.10 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, para cada banda de frequência, calculado a partir de uma média aritmética dos valores medidos em três posições de microfone.

Recorrendo ao processo iterativo explicado no ponto 6.2.1, obteve-se um índice de isolamento sonoro de 37 dB, como demonstram os cálculos efetuados no Quadro 6.11. Além da análise em forma de quadro, também é possível tratar estes resultados de forma gráfica, como mostra a figura 6.13.

Quadro 6.10 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	$L_{1,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{1,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	68,2	52,7	40,5	12,1	52,7	1,29
125	68,1	45,5	38,9	6,7	44,5	0,95
160	72,6	47,9	39,1	8,8	47,3	0,91
200	70,5	44,2	38,0	6,2	43,0	0,83
250	70,4	44,5	39,0	5,5	43,2	0,80
315	72,7	44,3	39,1	5,2	43,0	0,70
400	74,5	44,0	35,7	8,3	43,3	0,72
500	72,7	42,1	37,5	4,7	40,8	0,69
630	73,6	40,8	36,3	4,4	39,5	0,69
800	72,5	39,6	35,8	3,9	38,3	0,62
1000	71,2	36,3	35,3	1,0	35,0	0,56
1250	69,4	33,3	34,4	-1,2	32,0	0,58
1600	72,2	33,9	32,9	1,0	32,6	0,57
2000	71,6	31,2	29,4	1,9	29,9	0,56
2500	70,3	31,6	28,1	3,5	30,3	0,51
3150	74,3	34,1	27,9	6,2	32,9	0,48

Quadro 6.11 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	19,66	18,00	33	0	18	-
125	26,42	21,00	36	3	21	-
160	27,94	24,00	39	6	24	-
200	29,70	27,00	42	9	27	-
250	29,25	30,00	45	12	30	0,75
315	31,08	33,00	48	15	33	1,92
400	32,78	36,00	51	18	36	3,22
500	33,25	37,00	52	19	37	3,75
630	35,49	38,00	53	20	38	2,51
800	35,13	39,00	54	21	39	3,87
1000	36,69	40,00	55	22	40	3,31
1250	38,10	41,00	56	23	41	2,90
1600	40,22	41,00	56	23	41	0,78
2000	42,13	41,00	56	23	41	-
2500	40,13	41,00	56	23	41	0,87
3150	41,27	41,00	56	23	41	-

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,49 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

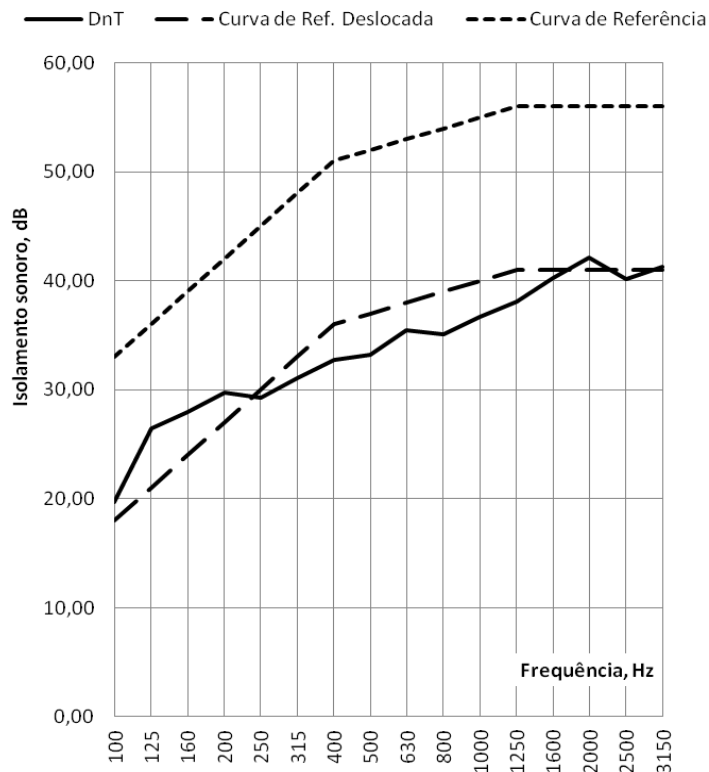


Fig. 6.13 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.2.5. Gabinete Médico-Sala de Convívio

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas num gabinete médico, situado no quarto piso do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada numa sala de convívio contígua ao compartimento recetor, existindo uma porta de comunicação entre os dois espaços. Foram realizadas dez posições de microfones, cinco posições por cada posição da fonte sonora.

Recorrendo às equações (6.1) e (6.2) e à metodologia explicada no ponto 6.2.1, obtém-se o Quadro 6.12.

Como já foi referido anteriormente, a norma NP EN ISO 140-4 exige uma correção ao ruído de fundo, sendo que pela análise do Quadro 6.12 se conclui que esta correção não é necessária em nenhuma das bandas de terço de oitava analisadas (100 Hz a 3150 Hz).

A coluna final do Quadro 6.12 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, para cada banda de frequência, calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

Através da utilização do processo iterativo já previamente explicado (ver ponto 6.2.1), obteve-se um índice de isolamento sonoro de 19 dB, como é possível verificar pela análise do Quadro 6.13. A figura 6.14 ilustra o referido processo de uma forma gráfica.

Quadro 6.12 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

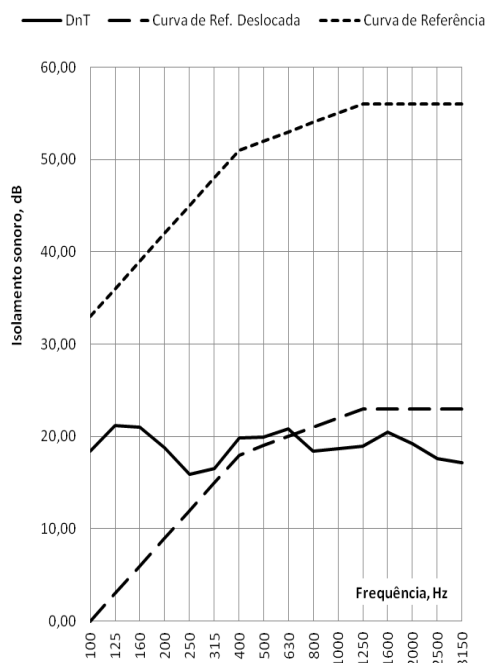
f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	$L_{,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	73,4	59,1	40,5	18,6	59,1	1,29
125	72,6	54,1	38,9	15,3	54,1	0,95
160	76,5	58,1	39,1	19,0	58,1	0,91
200	75,3	58,7	38,0	20,7	58,7	0,83
250	72,9	59,0	39,0	20,0	59,0	0,80
315	73,4	58,3	39,1	19,2	58,3	0,70
400	75,4	57,1	35,7	21,4	57,1	0,72
500	74,6	56,1	37,5	18,7	56,1	0,69
630	74,6	55,2	36,3	18,8	55,2	0,69
800	73,6	56,2	35,8	20,4	56,2	0,62
1000	70,9	52,7	35,3	17,4	52,7	0,56
1250	70,1	51,7	34,4	17,3	51,7	0,58
1600	73,4	53,5	32,9	20,6	53,5	0,57
2000	72,8	54,0	29,4	24,6	54,0	0,56
2500	71,5	54,0	28,1	25,9	54,0	0,51
3150	75,6	58,3	27,9	30,4	58,3	0,48

Quadro 6.13 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	18,38	0,00	33	0	0	-
125	21,22	3,00	36	3	3	-
160	21,03	6,00	39	6	6	-
200	18,76	9,00	42	9	9	-
250	15,89	12,00	45	12	12	-
315	16,50	15,00	48	15	15	-
400	19,87	18,00	51	18	18	-
500	19,92	19,00	52	19	19	-
630	20,82	20,00	53	20	20	-
800	18,37	21,00	54	21	21	2,63
1000	18,70	22,00	55	22	22	3,30
1250	18,99	23,00	56	23	23	4,01
1600	20,46	23,00	56	23	23	2,54
2000	19,25	23,00	56	23	23	3,75
2500	17,62	23,00	56	23	23	5,38
3150	17,15	23,00	56	23	23	5,85

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,72 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.14 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.2.6. Sala de Consulta-Sala de Consulta

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas numa sala de consulta, situada no piso zero do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada noutra sala de consulta, contígua ao compartimento recetor, tendo-se realizado dez posições de microfone, ou seja, cinco posições por cada posição de fonte. A porta de entrada no compartimento emissor apresenta uma grelha de ventilação (ver figura 6.16), enquanto a porta do compartimento recetor possui um elemento envidraçado acima da padieira (ver figura 6.15). Na figura 6.17 é possível ver o interior da sala de consulta escolhida para espaço recetor.

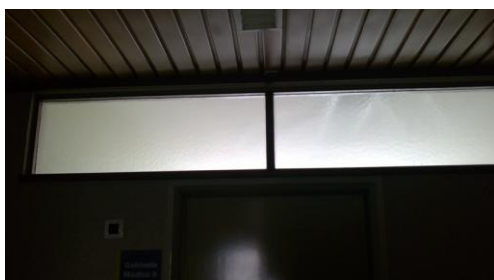


Fig. 6.15 e 6.16 – Elemento envidraçado acima da padieira da porta do local recetor e porta com grelha de ventilação no local emissor



Fig. 6.17 – Interior da sala de consultas

Recorrendo novamente às equações (6.1) e (6.2) e à metodologia já anteriormente explicada (ver ponto 6.2.1), é possível obter o Quadro 6.14, no qual se comprova que é necessário proceder à correção do ruído de fundo segundo a norma NP EN ISO 140-4. Esta correção é apenas aplicada às bandas de frequência dos 1250 Hz, 1600 Hz e 2000 Hz, visto a diferença “ $L_2 - L_{RF}$ ” ser inferior a 10 dB. No caso dos 1250 Hz, em que esta diferença é inferior a 6 dB, a correção toma um valor fixo de 1,3 dB. A última coluna do Quadro 6.14 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, para cada banda de frequência, calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

Quadro 6.14 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	L_{RF} (dB)	$L_2 - L_{RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	77,9	49,5	33,5	16,0	49,5	1,81
125	75,5	48,1	31,8	16,4	48,1	1,45
160	78,7	54,1	30,4	23,7	54,1	1,12
200	77,0	47,6	26,6	21,0	47,6	1,02
250	76,1	46,2	27,5	18,7	46,2	0,89
315	77,7	47,8	24,7	23,0	47,8	0,80
400	78,4	46,6	24,7	21,9	46,6	0,71
500	77,1	43,1	25,3	17,8	43,1	0,77
630	77,9	40,5	24,5	16,1	40,5	0,77
800	77,8	38,2	25,0	13,2	38,2	0,70
1000	75,5	34,6	24,3	10,3	34,6	0,62
1250	76,2	30,5	24,6	5,8	29,2	0,57
1600	77,5	30,6	23,9	6,7	29,6	0,56
2000	76,7	29,2	21,8	7,3	28,3	0,52
2500	75,8	30,0	19,4	10,6	30,0	0,50
3150	80,1	34,0	17,7	16,3	34,0	0,46

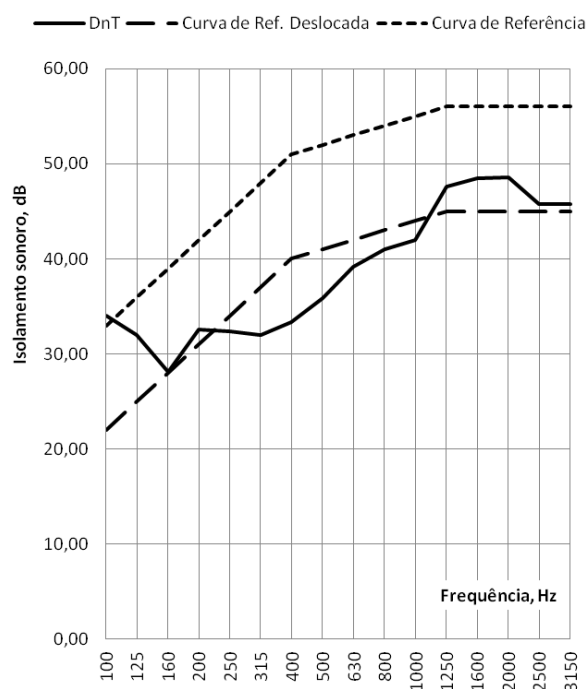
Através da utilização do processo iterativo já anteriormente explicado e utilizado (ver ponto 6.2.1), obteve-se um índice de isolamento sonoro de 41 dB, como demonstram os cálculos efetuados no Quadro 6.15. Este processo também pode ser analisado graficamente através das curvas de referência, normal e deslocada, e da curva real, D_{nT} (ver figura 6.18).

Quadro 6.15 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	33,98	22,00	33	0	22	-
125	31,97	25,00	36	3	25	-
160	28,08	28,00	39	6	28	-
200	32,54	31,00	42	9	31	-
250	32,41	34,00	45	12	34	1,59
315	32,02	37,00	48	15	37	4,98
400	33,36	40,00	51	18	40	6,64
500	35,85	41,00	52	19	41	5,15
630	39,21	42,00	53	20	42	2,79
800	40,97	43,00	54	21	43	2,03
1000	41,94	44,00	55	22	44	2,06
1250	47,57	45,00	56	23	45	-
1600	48,44	45,00	56	23	45	-
2000	48,58	45,00	56	23	45	-
2500	45,80	45,00	56	23	45	-
3150	45,73	45,00	56	23	45	-

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,58 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.18 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.2.7. Sala de Consulta-Circulação Interna

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas numa sala de consulta, situada no piso zero do Hospital da Prelada. A fonte sonora foi colocada no corredor/circulação interna (ver figura 6.19), que comunica com a referida sala através de uma porta. Realizaram-se medições para cinco posições de microfone, por forma a minimizar o incómodo causado aos utentes e corpo médico que ocupavam outras salas de consulta.

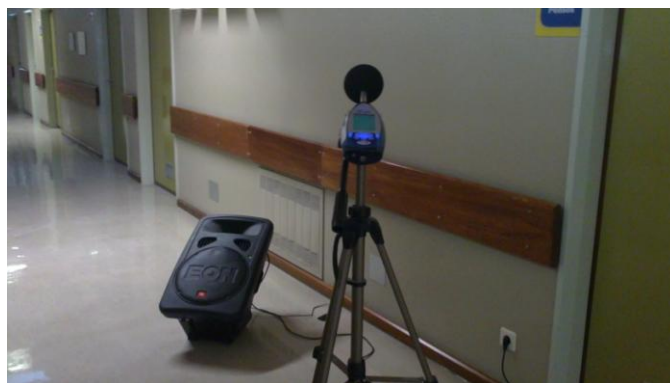


Fig. 6.19 – Corredor em frente à zona das salas de consultas em estudo

O Quadro 6.16 é obtido com base na metodologia explicada no ponto 6.2.1 e através das equações (6.1) e (6.2).

Quadro 6.16 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	$L_{1,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{1,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	65,9	45,4	33,5	11,9	45,4	1,81
125	62,9	45,1	31,8	13,4	45,1	1,45
160	66,4	47,3	30,4	16,9	47,3	1,12
200	67,9	45,1	26,6	18,4	45,1	1,02
250	69,4	48,7	27,5	21,2	48,7	0,89
315	69,7	48,6	24,7	23,9	48,6	0,80
400	69,9	46,3	24,7	21,6	46,3	0,71
500	70,4	47,5	25,3	22,2	47,5	0,77
630	71,7	47,9	24,5	23,5	47,9	0,77
800	70,8	45,9	25,0	20,9	45,9	0,70
1000	70,7	46,8	24,3	22,6	46,8	0,62
1250	69,7	44,2	24,6	19,5	44,2	0,57
1600	71,9	46,3	23,9	22,4	46,3	0,56
2000	71,3	46,4	21,8	24,6	46,4	0,52
2500	70,3	47,9	19,4	28,5	47,9	0,50
3150	74,0	52,4	17,7	34,7	52,4	0,46

A norma NP EN ISO 140-4, no ponto 6.6, exige uma correção ao ruído de fundo, sendo que pela análise do Quadro 6.16 se conclui que esta correção não é necessária em nenhuma das bandas de terço de oitava analisadas (100 Hz a 3150 Hz), uma vez que a diferença “ $L_2 - L_{RF}$ ” é superior a 10 dB.

A coluna final do Quadro 6.16 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, para cada banda de frequência, calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

Através da utilização do processo iterativo já anteriormente explicado (ver ponto 6.2.1), obteve-se um índice de isolamento sonoro de 25 dB, como é possível verificar pela análise do Quadro 6.17. A figura 6.20 ilustra o referido processo de uma forma gráfica.

Quadro 6.17 – Processo de iteração para determinar $D_{nT,w}$

f (Hz)	D_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = CR1 - D_{nT}$ (dB)
100	26,07	6,00	33	0	6	-
125	22,42	9,00	36	3	9	-
160	22,61	12,00	39	6	12	-
200	25,98	15,00	42	9	15	-
250	23,23	18,00	45	12	18	-
315	23,09	21,00	48	15	21	-
400	25,12	24,00	51	18	24	-
500	24,75	25,00	52	19	25	0,25
630	25,63	26,00	53	20	26	0,37
800	26,35	27,00	54	21	27	0,65
1000	24,89	28,00	55	22	28	3,11
1250	26,11	29,00	56	23	29	2,89
1600	26,05	29,00	56	23	29	2,95
2000	25,09	29,00	56	23	29	3,91
2500	22,42	29,00	56	23	29	6,58
3150	21,32	29,00	56	23	29	7,68

$$\frac{\sum \Delta 1}{16} = 1,77 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

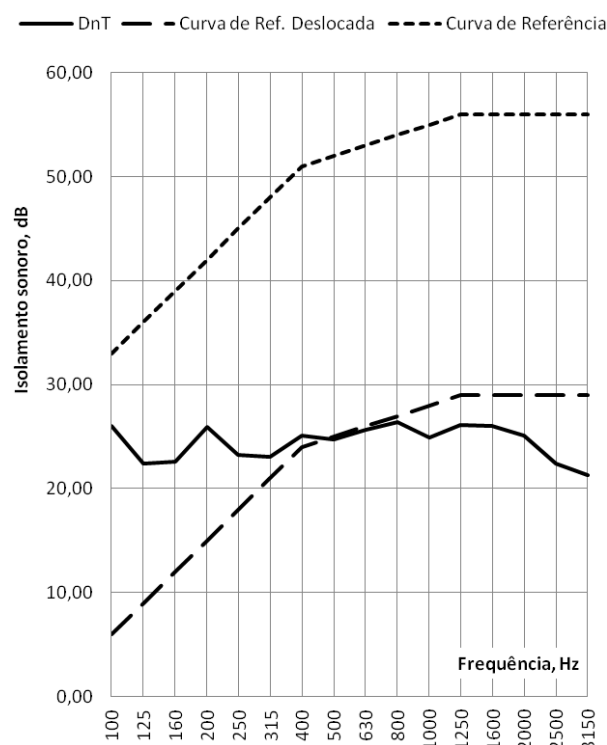


Fig. 6.20 – Método gráfico para ajuste da curva real, D_{nT} , à curva de referência

6.2.3. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO ISOLAMENTO SONORO DE PAVIMENTOS A SONS DE PERCUSSÃO, $L'_{nT,w}$

6.2.3.1. Gabinete Médico-Gabinete Médico

Os seguintes resultados dizem respeito às medições efetuadas com a fonte sonora colocada no gabinete médico situado no quarto piso e o compartimento recetor (outro gabinete médico – ver figura 6.22) situado no terceiro piso, imediatamente por baixo do compartimento emissor. A excitação é obtida através de uma máquina de percussão equipada com cinco martelos alinhados (ver figura 6.21), como indica a norma NP EN ISO 140-7.

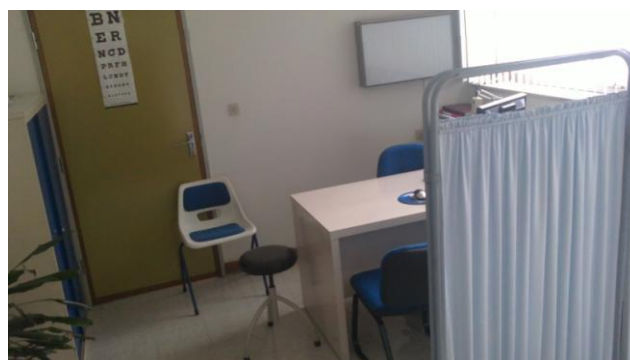


Fig. 6.21 e 6.22 – Máquina de percussão utilizada nos ensaios e interior do gabinete médico (local recetor)

Neste ensaio foram escolhidas seis posições de microfone, no compartimento recetor, para duas posições de fonte, por forma a não afetar consideravelmente as atividades médicas levadas a cabo nesta zona, nomeadamente consultas médicas. Com estes dados é possível calcular o nível médio de pressão sonora através da equação (6.1) e a correção ao ruído de fundo através da equação (6.2), obtendo-se assim o Quadro 6.18.

Quadro 6.18 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_2 (dB)	$L_{,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	54,0	36,4	17,6	54,0	0,93
125	57,7	35,2	22,4	57,7	0,60
160	55,8	36,6	19,3	55,8	0,79
200	59,7	36,9	22,8	59,7	0,87
250	59,0	36,2	22,7	59,0	0,75
315	61,9	34,5	27,3	61,9	0,93
400	61,8	34,0	27,8	61,8	0,98
500	61,9	33,6	28,3	61,9	0,80
630	61,9	32,9	29,0	61,9	0,76
800	62,4	32,8	29,6	62,4	0,74
1000	62,6	31,1	31,5	62,6	0,68
1250	63,1	30,9	32,2	63,1	0,64
1600	62,4	29,5	32,9	62,4	0,64
2000	63,0	32,0	31,1	63,0	0,60
2500	63,2	30,7	32,5	63,2	0,57
3150	61,9	30,4	31,6	61,9	0,55

Pela análise do quadro apresentado acima é possível concluir que a correção ao ruído de fundo não é necessária para nenhuma das bandas de frequências, uma vez que a diferença entre L_2 e $L_{,RF}$ é sempre superior a 10 dB. A coluna final do Quadro 6.18 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, para cada banda de frequências, calculado a partir da média aritmética dos valores obtidos para três posições do microfone.

Através da equação (6.5) é possível calcular os valores do L'_{nT} , em dB, a partir dos dados presentes no Quadro 6.18.

$$L'_{nT} = L_i + 10 \times \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (6.5)$$

Onde, L_i – nível médio de pressão sonora já corrigida face ao ruído de fundo (s)

T – valor médio do tempo de reverberação (s)

T_0 – tempo de reverberação padrão de valor 0,5 segundos

A partir dos valores de L'_{nT} por banda de frequência, que representam a curva real, é possível fazer um ajuste à curva de referência, presente no Quadro 3 da NP EN ISO 717-2, através de um processo iterativo, obtendo-se deste modo um índice de isolamento sonoro a sons percussão padronizado, $L'_{nT,w}$.

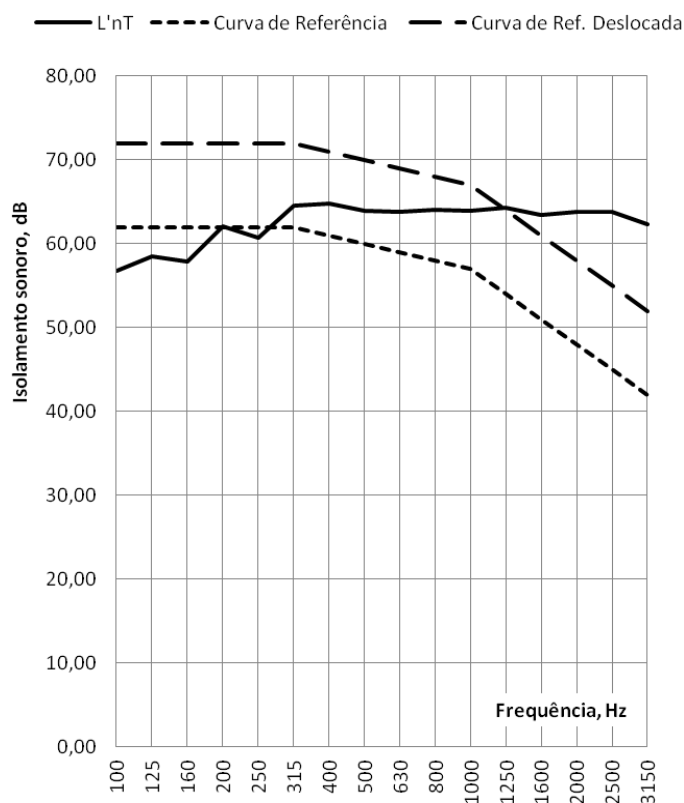
Este ajuste segue uma metodologia baseada em sucessivas iterações por forma a que a diferença entre a curva de referência e a curva real resulte em afastamentos positivos, os quais, quando somados e divididos pelo número de bandas de frequências utilizadas, deverão dar o maior valor possível sem ultrapassar 2,0. O valor de $L'_{nT,w}$ pretendido pode ser lido na curva de referência deslocada, para a frequência dos 500 Hz, obtendo-se neste caso 70 dB como mostra o Quadro 6.19. Este procedimento também pode ser ilustrado graficamente, como demonstra a figura 6.23.

Quadro 6.19 – Processo de iteração para determinar $L'_{nT,w}$

f (Hz)	L'_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = L'_{nT} - CR1$ (dB)
100	56,72	72,00	62	0	72	-
125	58,47	72,00	62	0	72	-
160	57,82	72,00	62	0	72	-
200	62,08	72,00	62	0	72	-
250	60,74	72,00	62	0	72	-
315	64,57	72,00	62	0	72	-
400	64,73	71,00	61	-1	71	-
500	63,95	70,00	60	-2	70	-
630	63,77	69,00	59	-3	69	-
800	64,07	68,00	58	-4	68	-
1000	63,95	67,00	57	-5	67	-
1250	64,23	64,00	54	-8	64	0,23
1600	63,47	61,00	51	-11	61	2,47
2000	63,84	58,00	48	-14	58	5,84
2500	63,82	55,00	45	-17	55	8,82
3150	62,36	52,00	42	-20	52	10,36

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,73 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.23 – Método gráfico para ajuste da curva real, L'_{nT} , à curva de referência

6.2.3.2. Quarto-Quarto

Os seguintes resultados dizem respeito às medições efetuadas com a fonte sonora situada num quarto particular do quarto piso, ala Poente. O compartimento recetor é um quarto particular no terceiro piso, da ala Poente, imediatamente por baixo do compartimento emissor (ver figura 6.24). A excitação é obtida através de uma máquina de percussão equipada com cinco martelos alinhados, como indica a norma NP EN ISO 140-7.



Fig. 6.24 – Interior do compartimento recetor

Neste ensaio realizaram-se dezasseis posições de microfone no compartimento recetor, ou seja, quatro posições por cada uma das quatro posições da máquina de percussão. Utilizando as equações (6.1) e (6.2), assim como o método já anteriormente explicado, obtém-se o Quadro 6.20.

Quadro 6.20 – Níveis médios de pressão sonora e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_2 (dB)	$L_{,RF}$ (dB)	$L_2 - L_{,RF}$ (dB)	$L_{2, final}$ (dB)	T (s)
100	54,0	38,7	15,4	54,0	2,29
125	61,0	41,8	19,2	61,0	2,34
160	60,8	39,3	21,6	60,8	2,64
200	62,0	38,6	23,4	62,0	2,69
250	62,8	38,0	24,7	62,8	2,46
315	64,2	36,1	28,1	64,2	1,90
400	65,3	34,9	30,4	65,3	1,64
500	66,9	32,8	34,0	66,9	1,68
630	67,6	31,4	36,2	67,6	1,60
800	71,0	29,0	42,0	71,0	1,56
1000	75,2	26,3	48,9	75,2	1,41
1250	70,5	24,6	46,0	70,5	1,43
1600	72,6	24,1	48,5	72,6	1,41
2000	70,9	22,1	48,8	70,9	1,33
2500	71,2	22,6	48,6	71,2	1,30
3150	69,5	23,1	46,5	69,5	1,21

Analisando o quadro acima conclui-se que não é necessário realizar a correção ao ruído de fundo para nenhuma banda de frequências, uma vez que a diferença entre L_2 e $L_{,RF}$ é sempre superior a 10 dB. A coluna final do Quadro 6.20 apresenta o valor médio do tempo de reverberação, calculado por banda de frequências, utilizando os dados medidos em três posições do microfone.

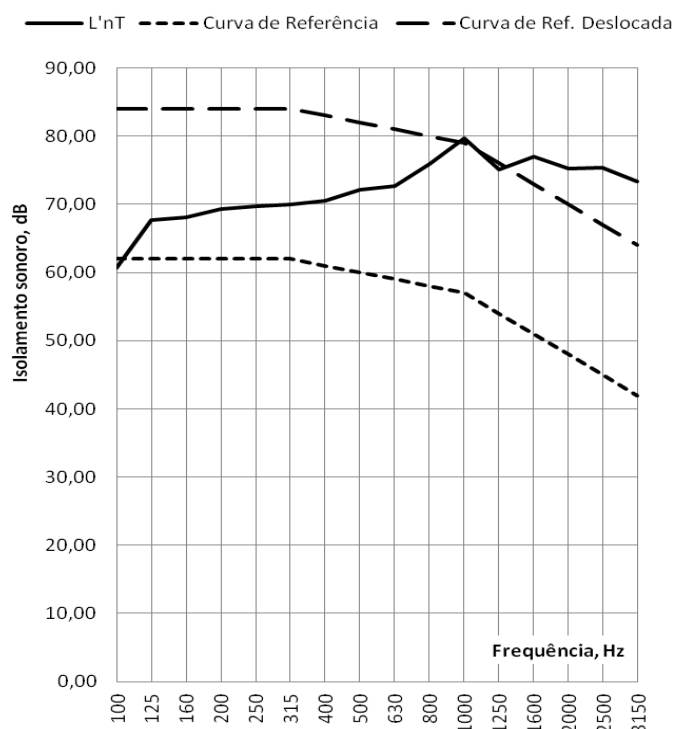
Recorrendo ao processo iterativo já anteriormente explicado (ver ponto 6.2.3.1), obteve-se um índice de isolamento sonoro de 82 dB, como comprovam os cálculos apresentados no Quadro 6.21. A figura 6.25 ilustra o referido processo de uma forma gráfica.

Quadro 6.21 – Processo de iteração para determinar $L'_{nT,w}$

f (Hz)	L'_{nT} (dB)	Curva de Ref. Deslocada (dB)	Curva de Ref. (dB)	ΔCr (dB) *	CR1 (dB)	$\Delta 1 = L'_{nT} - CR1$ (dB)
100	60,66	84,00	62	0	84	-
125	67,69	84,00	62	0	84	-
160	68,07	84,00	62	0	84	-
200	69,28	84,00	62	0	84	-
250	69,67	84,00	62	0	84	-
315	69,99	84,00	62	0	84	-
400	70,46	83,00	61	-1	83	-
500	72,13	82,00	60	-2	82	-
630	72,68	81,00	59	-3	81	-
800	75,94	80,00	58	-4	80	-
1000	79,67	79,00	57	-5	79	0,67
1250	75,10	76,00	54	-8	76	-
1600	77,05	73,00	51	-11	73	4,05
2000	75,20	70,00	48	-14	70	5,20
2500	75,36	67,00	45	-17	67	8,36
3150	73,39	64,00	42	-20	64	9,39

$$\frac{\sum \Delta 1 > 0}{16} = 1,73 < 2,0$$

* - para ver os valores consultar a referência [17]

Fig. 6.25 – Método gráfico para ajuste da curva real, L'_{nT} , à curva de referência

6.2.4. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO, T

6.2.4.1. Refeitório

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas no refeitório situado no quarto piso do Hospital da Prelada. Foram realizadas três posições de microfone, utilizando neste caso o rebentamento de um balão como fonte sonora.

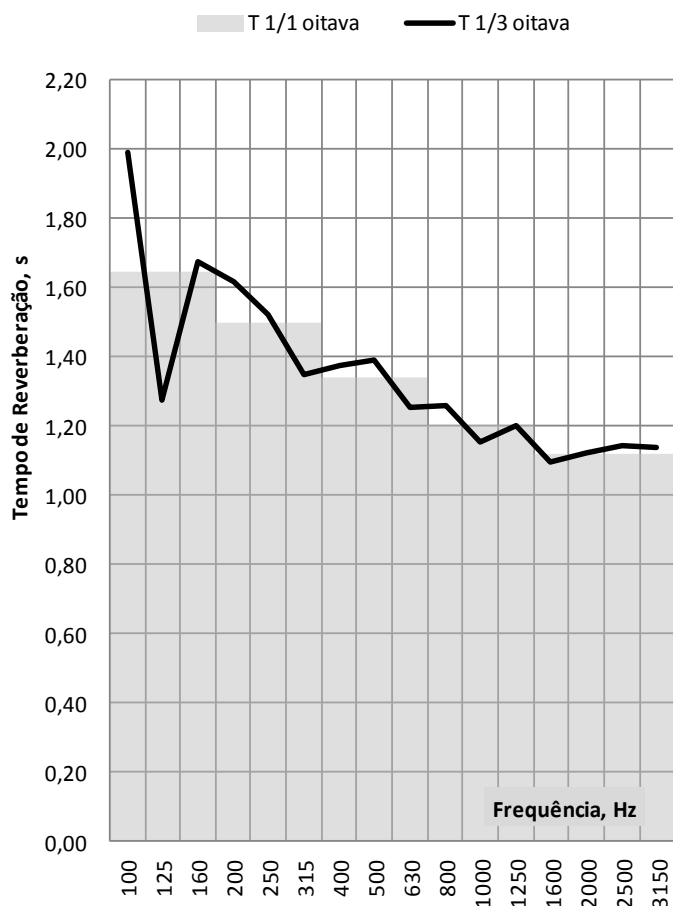
Os valores do tempo de reverberação por bandas de terço de oitava e por oitavas foram calculados através de médias aritméticas, estando os resultados apresentados no Quadro 6.22. O RRAE possui exigências ao nível do tempo de reverberação $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$ que corresponde:

“à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz” (RRAE, 2008; 3369)

O Quadro 6.22 também apresenta o valor de $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$ enquanto a figura 6.26 retrata todo este processo de uma forma gráfica.

Quadro 6.22 – Processo de cálculo do $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$

f Hz	T s (1/3 de oitava)	T s (1/1 de oitava)
50		
63		
80		
100	1,99	
125	1,27	1,65
160	1,68	
200	1,62	
250	1,52	1,50
315	1,35	
400	1,37	
500	1,39	1,35
630	1,26	
800	1,26	
1000	1,15	1,20
1250	1,20	
1600	1,10	
2000	1,12	1,12
2500	1,14	
3150	1,14	
4000		
5000		
$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} = 1,22$		

Fig. 6.26 – Método gráfico representativo da determinação do $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$

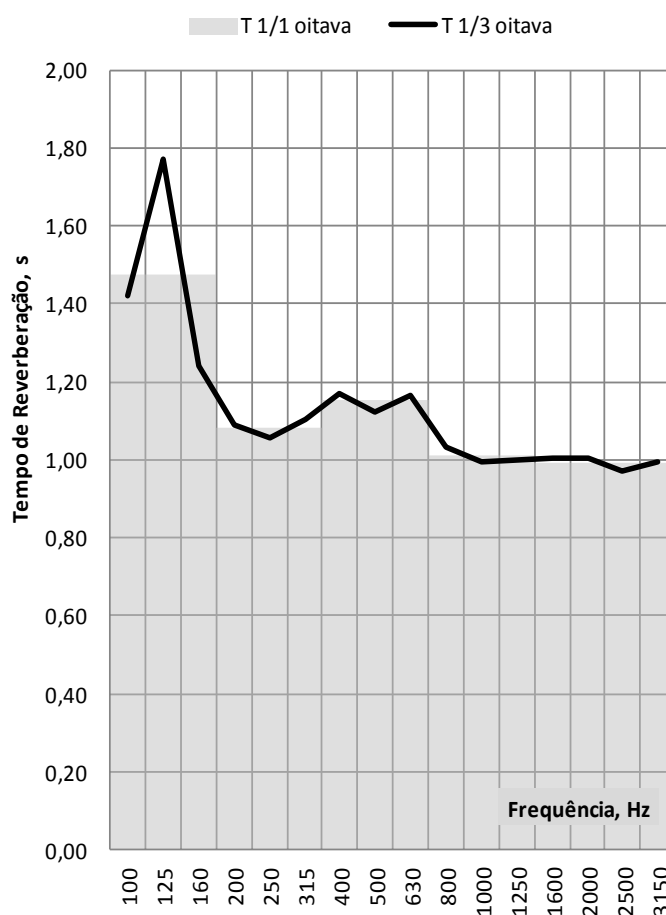
6.2.4.2. Sala de Convívio

Os resultados apresentados neste ponto dizem respeito às medições efetuadas na sala de convívio situada no quarto piso do Hospital da Prelada (em frente aos elevadores). Foram realizadas quatro posições de microfone, para uma maior exatidão, utilizando como fonte impulsiva o rebentamento de um balão.

No Quadro 6.23 estão presentes os valores do tempo de reverberação por bandas de terço de oitava e por oitavas, calculados através de médias aritméticas, assim como o tempo de reverberação $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$ cujo valor compara com as exigências do RRAE e é determinado segundo a explicação dada no ponto 6.2.4.1. A figura 6.27 representa graficamente o processo seguido.

Quadro 6.23 – Processo de cálculo do $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$

f Hz	T s (1/3 de oitava)	T s (1/1 de oitava)
50		
63		
80		
100	1,42	
125	1,77	1,48
160	1,24	
200	1,09	
250	1,06	1,08
315	1,10	
400	1,17	
500	1,13	1,15
630	1,17	
800	1,04	
1000	1,00	1,01
1250	1,00	
1600	1,00	
2000	1,00	0,99
2500	0,97	
3150	1,00	
4000		
5000		
$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} = 1,05$		

Fig. 6.27 – Método gráfico representativo da determinação do $T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}}$

6.2.5. PROCESSAMENTO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE EQUIPAMENTOS DE SERVIÇO EM EDIFÍCIOS

6.2.5.1. Equipamento de Ventilação da Sala de Serviço Administrativo, $L_{Ar,nT}$

Os resultados apresentados neste ponto foram obtidos através de medições realizadas num open-space administrativo, situado no piso zero do hospital em estudo (ver figuras 6.28 e 6.29). O equipamento de ventilação utilizado faz a entrada do ar no open-space através de uma grelha, como mostra a figura 6.30, a qual está situada no teto junto à parede de fundo da sala. É na vizinhança da grelha que o ruído provocado pela ventilação incomoda os utilizadores do espaço.

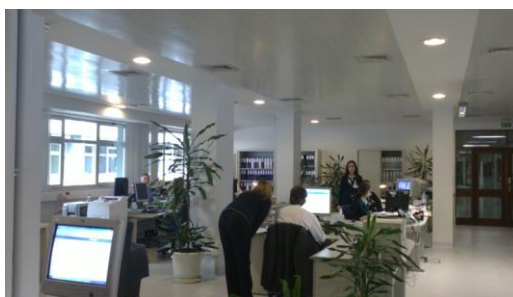
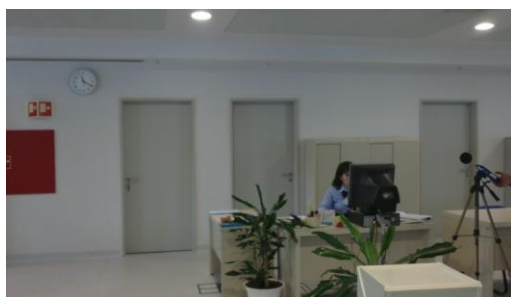


Fig. 6.28 e 6.29 – Interior do open-space estudado



Fig. 6.30 – Grelha de saída de ar

Foram realizadas medições nas bandas de oitava dos 63 Hz aos 8000 Hz, em três posições diferentes, tanto para os níveis sonoros como para o tempo de reverberação, obtendo-se os valores presentes no Quadro 6.24, sendo que o cálculo do nível médio sonoro foi feito através da equação (6.1), enquanto o tempo de reverberação médio foi calculado com base na média aritmética. Segundo a norma NP EN ISO 16032 é necessário realizar uma correção devido ao ruído de fundo sempre que a diferença entre o nível sonoro do equipamento de serviço subtraído do nível do ruído de fundo for menor ou igual a 10 dB. Esta correção é calculada através da equação (6.6), sendo que quando a referida diferença for igual ou inferior a 4 dB, a correção aplicada apresenta o valor fixo de 2,2 dB.

$$L = L_1 - K = L_1 - 10 \times \log(1 - 10^{-0,1 \times \Delta L}) = L_1 - 10 \times \log(1 - 10^{-0,1 \times (L_1 - L_2)}) \quad (6.6)$$

Onde, L – nível sonoro corrigido (dB)

L_1 – nível sonoro do equipamento de serviço, em bandas de oitava, incluindo o ruído de fundo (dB)

L_2 – nível sonoro do ruído de fundo por bandas de oitava (dB)

K – valor de correção em bandas de oitava (dB)

Quadro 6.24 – Níveis médios sonoros e tempo de reverberação médio

f (Hz)	L_1 (dB)	L_A [dB(A)]	$L_{,RF}$ [dB(A)]	$L_A - L_{,RF}$ [dB(A)]	$L_{A, final}$ [dB(A)]	T (s)	$L_A - 10 \times \log\left(\frac{T}{T_0}\right)$ [dB(A)]
63	54,3	28,1	23,8	4,3	26,1	0,81	23,9
125	57,4	41,3	26,5	14,8	41,3	0,50	41,3
250	53,1	44,5	29,0	15,5	44,5	0,47	44,8
500	41,5	38,3	29,5	8,9	37,7	0,54	37,4
1000	42,1	42,1	28,7	13,4	42,1	0,50	42,1
2000	39,8	41,0	25,1	15,9	41,0	0,58	40,4
4000	33,0	34,0	19,9	14,2	34,0	0,59	33,3
8000	23,7	22,6	13,4	9,3	22,1	0,51	22,0

Como é possível verificar, a correção ao ruído de fundo é feita nas bandas de frequências dos 63 Hz, 500 Hz e 8000 Hz. A última coluna do quadro apresentado já contém os dados necessários ao cálculo de $L_{Ar,nT}$ através da equação (6.7).

$$L_{Ar,nT} = L_A + K_{tonal} - 10 \times \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \quad (6.7)$$

Onde, $L_{Ar,nT}$ – nível de avaliação do ruído particular de equipamentos do edifício [dB(A)]

L_A – nível sonoro corrigido do ruído de fundo [dB(A)]

T – tempo de reverberação médio (s)

T_0 – tempo de reverberação de referência (0,5 s)

K_{tonal} – componente tonal do ruído de valor 3 dB(A), caso pelo menos uma banda de 1/3 de oitava sobressaia em pelo menos 5 dB em relação às duas bandas adjacentes, na gama dos 50 Hz aos 8000 Hz, com utilização do filtro A. Se não existir componente tonal, K_{tonal} valerá 0 dB(A) [17]

O ruído em questão não apresenta componente tonal, como mostra a figura 6.31, obtendo-se deste modo o resultado de 49 dB(A) para $L_{Ar,nT}$ através da soma, com recurso à equação (2.2), dos valores da última coluna do Quadro 6.24.

A determinação da componente tonal levanta algumas questões, pois ao analisar a gama dos 50 aos 8000 Hz, se o tonal estiver nas muito baixas ou muito altas frequências pode não ser detetado pelo ouvido humano, o que retira algum do significado a este parâmetro. Além disso, se o nível sonoro na frequência onde existe tonal for muito inferior ao valor global, não o irá afetar consideravelmente.

Outras questões importantes que se levantam aquando da leitura do RRAE sobre este assunto, e que mereciam uma explicação mais detalhada, são:

- O que fazer se tiver mais do que um pico na representação gráfica do ruído? (ver, por exemplo, figura 6.40)
- Deve-se olhar da mesma forma para um pico nas baixas frequências e outra nas altas frequências, quando a quantidade de energia associada é tão diferente? (ver, por exemplo, figura 6.34)

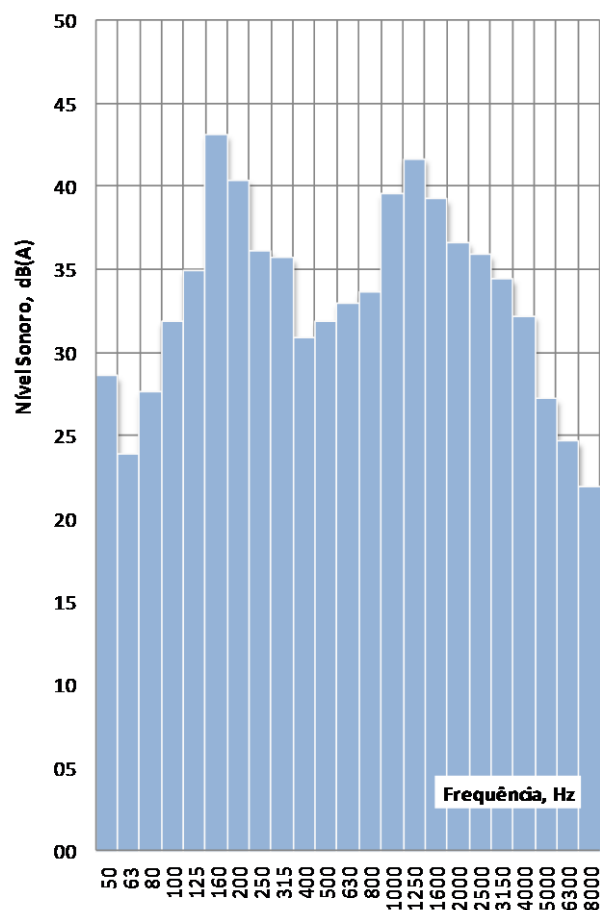


Fig. 6.31 – Espectro sonoro do ruído analisado

6.2.5.2. Equipamento de Climatização

Neste ponto pretende-se analisar o critério de incomodidade à luz do artigo 13.º alínea b) do Regulamento Geral do Ruído, utilizando para isso os resultados obtidos nas medições realizadas na sala de consultas, situada no piso zero do hospital em estudo (ver figuras 6.32). O equipamento de climatização, fonte do ruído incomodativo, situa-se no exterior, no piso -1, imediatamente por baixo da janela da sala onde foram efetuadas as medições (ver figura 6.33).



Fig. 6.32 – Interior da sala de consultas



Fig. 6.33 – Equipamento de climatização fonte do ruído

A equação que permite avaliar a incomodidade para terceiros é apresentada abaixo.

$$L_{Aeq, ruído, particular} + K_{tonal} + K_{impulsivo} - L_{Aeq, ruído, residual} \leq X + D \quad (6.8)$$

Onde, $L_{Aeq, ruído particular}$ – nível sonoro contínuo equivalente medido com o equipamento em funcionamento

$L_{Aeq, ruído residual}$ – nível sonoro contínuo equivalente medido com o equipamento desligado

K_{tonal} – componente tonal do ruído

$K_{impulsivo}$ – componente impulsiva do ruído de valor 3 dB(A), caso a diferença entre o L_{Aeq} medido em resposta *impulsive* e em resposta *fast* for superior a 6 dB(A) [17]

X – parâmetro que toma os valor de 3 dB(A) no período noturno (23-7h), 4 dB(A) no período do entardecer (20-23h) ou 5 dB(A) no período diurno (7-20h) [17]

D – com valores entre os 0 e os 4 dB(A) dependendo da percentagem q do tempo de emergência do ruído em estudo [17]

As medições efetuadas, em três posições diferentes, contemplam as bandas de oitava dos 63 Hz aos 8000 Hz. Os níveis médios sonoros obtidos, calculados através da equação (6.1), estão presentes no Quadro 6.25, assim como a correção ao ruído de fundo, calculada pela equação (6.6), necessária para todas as bandas de frequências, exceto nos 63 Hz e 125 Hz, como mostra o quadro abaixo.

Quadro 6.25 – Níveis médios sonoros

f (Hz)	L_{Aeq} [dB(A)]	$L_{Aeq} - L_{Aeq,residual}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,particular}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,residual}$ [dB(A)]
63	37,2	10,9	37,2	26,2
125	45,5	15,9	45,5	29,6
250	41,6	5,5	40,2	36,1
500	43,8	4,2	41,7	39,6
1000	45,0	7,2	44,1	37,8
2000	40,9	6,6	39,8	34,2
4000	33,2	4,4	31,2	28,8
8000	29,7	8,0	29,0	21,7
Valor Global			50,1	43,8

O ruído em questão apresenta componente tonal nas bandas de frequências dos 63 Hz e 6300 Hz, como é possível verificar na figura 6.34. Em relação à componente impulsiva, obteve-se um nível sonoro equivalente para a medição em *fast* de 46,8 dB(A) e de 48,3 dB(A) em *impulsive*, recorrendo para isso à equação (2.6) com um total de 30 medições, cada uma com um período de ocorrência de um segundo. A partir dos valores apresentados é possível concluir a inexistência de uma componente impulsiva, visto a diferença entre os dois valores ser igual a 1,5 dB(A).

Como o equipamento funciona durante 24 horas, a sua percentagem q do tempo de emergência é 100% o que, para o período diurno analisado, resulta num parâmetro D de valor 0 dB(A). [17]

Assim, ao aplicar a equação (6.8) obtém-se:

$$50,1 + 3 + 0 - 43,8 \leq 5 + 0$$

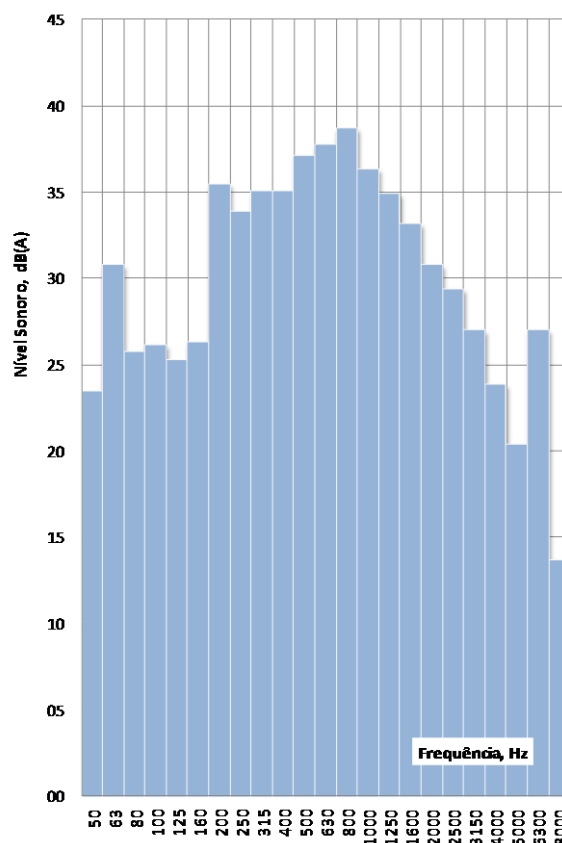


Fig. 6.34 – Espectro sonoro do ruído analisado

6.2.5.3. Gerador de Emergência

Neste ponto analisa-se o critério de incomodidade segundo o Regulamento Geral do Ruído, artigo 13.º alínea b), para dois espaços recetores diferentes, nomeadamente, para um quarto particular situado no terceiro piso ala Poente do hospital (ver figura 6.24) e para uma farmácia situada no piso -1 (ver figura 6.35). O equipamento responsável pelo ruído incomodativo situa-se numa sala no piso -1 do hospital e trata-se de um gerador de emergência da Caterpillar com funcionamento intermitente (ver figura 6.36). Em frente ao gerador existe uma porta em grelha que permite a admissão de ar (ver figura 6.37), sendo possível ver esta porta da varanda do quarto recetor (ver figura 6.38).

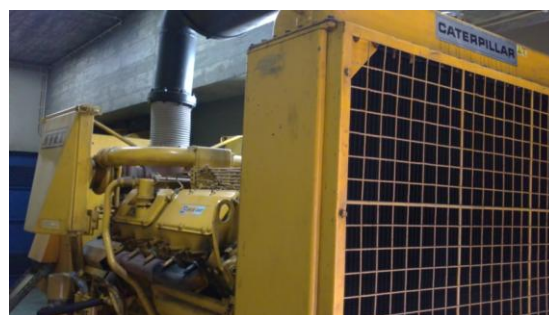


Fig. 6.35 e 6.36 – Farmácia do piso -1 e equipamento estudado (gerador de emergência)



Fig. 6.37 e 6.38 – Porta em grelha em frente ao gerador e vista da varada do quarto recetor

As medições efetuadas nos dois espaços para as bandas de frequências dos 63 Hz aos 8000 Hz são obtidas com base em três posições diferentes do microfone. Os níveis médios sonoros obtidos para os dois casos, calculados através da equação (6.1), estão presentes nos Quadros 6.26 e 6.27, assim como a correção ao ruído de fundo, calculada pela equação (6.6), como já anteriormente explicado.

Quadro 6.26 – Níveis médios sonoros da farmácia

f (Hz)	L_{Aeq} [dB(A)]	$L_{Aeq} - L_{Aeq,residual}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,particular}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,residual}$ [dB(A)]
63	33,7	10,6	33,7	23,1
125	45,1	11,8	45,1	33,3
250	48,9	10,4	48,9	38,5
500	51,2	9,4	50,7	41,8
1000	50,0	8,5	49,3	41,5
2000	48,3	8,9	47,7	39,5
4000	36,8	3,5	34,6	33,3
8000	25,6	1,7	23,4	23,9
Valor Global			55,8	47,0

Quadro 6.27 – Níveis médios sonoros do quarto particular

f (Hz)	L_{Aeq} [dB(A)]	$L_{Aeq} - L_{Aeq,residual}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,particular}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,residual}$ [dB(A)]
63	24,6	8,4	23,9	16,3
125	43,7	19,9	43,7	23,8
250	55,7	26,5	55,7	29,2
500	52,3	22,3	52,3	30,0
1000	55,5	28,9	55,5	26,7
2000	55,4	31,9	55,4	23,5
4000	43,0	23,1	43,0	19,9
8000	28,8	19,4	28,8	9,4
Valor Global			61,1	34,6

Como mostram os quadros, no caso da farmácia a correção ao ruído de fundo só não foi feita nas bandas dos 63 Hz, 125 Hz e 250 Hz, enquanto no caso do quarto particular só foi necessário corrigir a banda dos 63 Hz.

Em ambas as situações estudadas o ruído apresenta componente tonal, como comprovam as imagens 6.39 e 6.40, sendo que no caso da farmácia tem-se um único pico na banda de frequências dos 160 Hz, enquanto no cenário do quarto existem dois picos para os 63 Hz e 200 Hz.

Fazendo uma análise à componente impulsiva conclui-se que esta existe apenas no caso da farmácia, pois é aqui que o nível sonoro equivalente para a medição em *fast* vale 53,4 dB(A) e para a medição em *impulsive* vale 62,8 dB(A), resultando numa diferença de 9,4 dB(A). Os dados recolhidos no quarto particular permitem determinar um nível sonoro equivalente para a medição em *fast* de 57,8 dB(A) e para a medição em *impulsive* de 58,6 dB(A), o que origina uma diferença de 0,8 dB(A). Estes cálculos foram efetuados seguindo a metodologia explicada no ponto 6.2.5.2.

O gerador estudado tem um funcionamento intermitente, sendo ligado ao domingo durante um período de vinte minutos, o que resulta num tempo de emergência, q , igual a 2,56 %, e num parâmetro D de valor 4 dB(A). [17]

Aplicando a equação (6.8) vem para a farmácia e para o quarto, respetivamente:

$$55,8 + 3 + 3 - 47,0 \leq 5 + 4$$

$$61,1 + 3 + 0 - 34,6 \leq 5 + 4$$

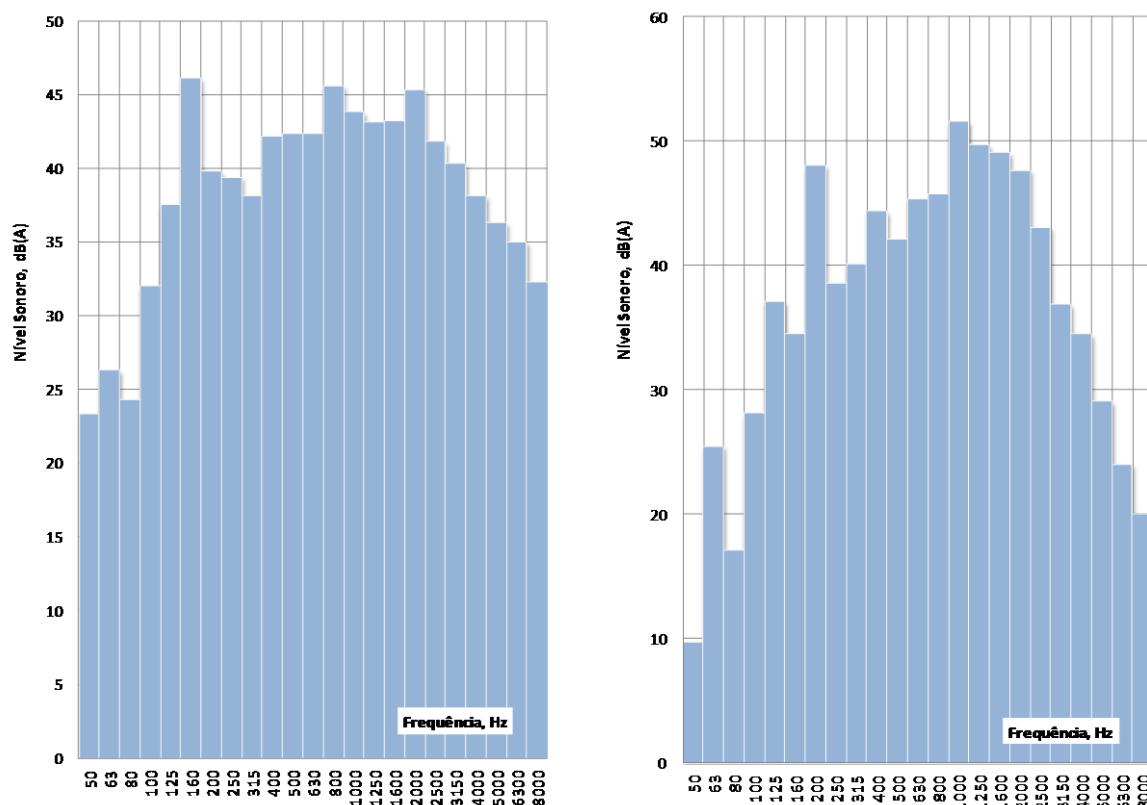


Fig. 6.39 e 6.40 – Espectro sonoro do ruído analisado para a farmácia e para o quarto particular

6.2.6. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DO INDICADOR DE RUÍDO DIURNO-ENTARDECER-NOTURNO, L_{DEN} , E DO INDICADOR DE RUÍDO NOTURNO, L_N

Os valores apresentados neste ponto resultam dos ensaios realizados no hospital em estudo, tendo sido cedidos pelos Núcleos de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Acústica (NI&DEA).

Segundo o RGR, uma zona sensível consiste:

“na área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.” (RGR, 2007; 391)

Deste modo, e pela consulta da figura 6.41, é possível verificar que a zona de implantação do Hospital da Prelada foi classificada como zona sensível, possuindo, na proximidade, uma grande infraestrutura de transporte em exploração à data da entrada em vigor do RGR.

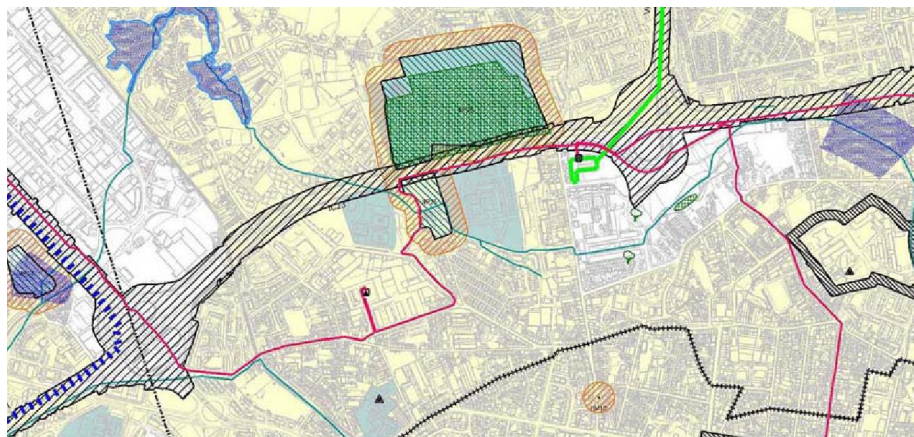


Fig. 6.41 – Pormenor da planta de condicionantes do PDM do Porto [46]

No artigo 11.º do RGR existem exigências ao nível do indicador de ruído noturno, L_n , e do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, L_{den} , sendo que o primeiro está definido na Norma NP 1730-1:1996, enquanto o segundo pode ser calculado através da equação (6.9).

$$L_{den} = 10 \times \log \left[\frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \quad (6.9)$$

Onde, L_d – indicador de ruído diurno (7h às 20h), em dB(A)

L_e – indicador de ruído do entardecer (20h às 23h), em dB(A)

L_n – indicador de ruído noturno (23h às 7h), em dB(A)

As medições foram realizadas na fachada do hospital, a 80 metros da VCI, e a uma altura de 35 metros em relação ao solo (ver figura 6.42). Visto os mapas de ruído apresentarem valores reportados a uma altura de 4 metros acima do solo, após as correções necessárias, obteve-se um L_{den} de 74,6 dB(A) e um L_n de 67,0 dB(A).



Fig. 6.42 – Pormenor da montagem para realização do ensaio

6.3. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Neste ponto encontram-se sintetizados os resultados determinados nos pontos anteriores, fazendo-se uma comparação com as exigências legisladas com o intuito de averiguar quais as situações que cumprem os requisitos acústicos.

Quadro 6.28 – Resultados dos ensaios a sons aéreos

Locais	Índice de isolamento sonoro (dB)	Incerteza (dB) *	Valor Final (dB)	Valor RRAE (dB)	Cumprir os requisitos acústicos?	Resultados do questionário
Fachada	$D_{ls,2m,nT,w} = 22$	+ 3	25	≥ 33 **	NÃO	Percentagem baixa de queixas
Quarto-Quarto	$D_{nT,w} = 40$		43	≥ 45	NÃO	Percentagem baixa de queixas
Quarto-Circulação Interna	$D_{nT,w} = 24$		27	≥ 30	NÃO	Os utentes apresentam algumas queixas
Quarto-Refeitório	$D_{nT,w} = 44$		47	≥ 45	SIM	Não foi analisado
Gabinete Médico-Circulação Interna	$D_{nT,w} = 37$		40	≥ 50 ***	NÃO	Não foi analisado
Gabinete Médico-Sala de Convívio	$D_{nT,w} = 19$		22	≥ 55	NÃO	Não foi analisado
Sala de Consulta-Sala de Consulta	$D_{nT,w} = 41$		44	≥ 48	NÃO	Não foi analisado
Sala de Consulta-Circulação Interna	$D_{nT,w} = 25$		28	≥ 35	NÃO	Não foi analisado

* - valor exigido regulamentarmente (ver artigo 8.º ponto 5 do RRAE)

** - visto o hospital se situar numa zona sensível, próximo de uma grande infraestrutura de transporte em exploração (ver artigo 11.º alínea c) do RGR)

*** - valor acrescido de 15 dB uma vez que não existe porta de comunicação entre o local emissor e o local recetor (ver Quadro V do RRAE)

Quadro 6.29 – Resultados dos ensaios a sons de percussão

Pavimento	Índice de isolamento sonoro (dB)	Incerteza (dB) *	Valor Final (dB)	Valor RRAE (dB)	Cumprir os requisitos acústicos?	Resultados do questionário
Gabinete Médico	$L'_{nT,w} = 70$	- 3	67	≤ 65	NÃO	Não foi analisado
Quarto	$L'_{nT,w} = 82$		79	≤ 65	NÃO	Os utentes não apresentaram queixas

* - valor exigido regulamentarmente (ver artigo 8.º ponto 5 do RRAE)

Quadro 6.30 – Resultados dos ensaios ao tempo de reverberação

Espaço	Tempo de reverberação (s)	Incerteza (s) *	Valor Final (s)	Valor RRAE (s) ***	Cumprir os requisitos acústicos?	Resultados do questionário
Sala de Convívio	$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} = 1,05$	$T = T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} - 0,25 \times \text{"Valor RRAE"}$	0,91	$\leq 0,56$ **	NÃO	Não foi analisado
Refeitório	$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} = 1,22$		1,01	$\leq 0,87$	NÃO	Não foi analisado

* - valor exigido regulamentarmente (ver artigo 8.º ponto 5 do RRAE)

** - valor calculado para espaços com difusão de mensagens sonoras

*** - valor calculado segundo as equações presentes no Quadro VI do RRAE, para um volume de 102,3 m³ na sala de convívio e 192,8 m³ no refeitório

Quadro 6.31 – Resultados do ensaio ao nível de avaliação do ruído particular de equipamentos

Espaço	Equipamento	$L_{Ar,nT}$ [dB(A)]	Incerteza [dB(A)] *	Valor Final [dB(A)]	Valor RRAE [dB(A)]	Cumprir os requisitos acústicos?	Resultados do questionário
Sala de Serviço Administrativo	Aparelho de Ventilação	49	- 3	46	≤ 30 **	NÃO	Não foi analisado

* - valor exigido regulamentarmente (ver artigo 8.º ponto 5 do RRAE)

** - equipamento de funcionamento contínuo

Quadro 6.32 – Resultados do critério de incomodidade

Espaço	Equipamento	Equação [dB(A)]	Cumprir?	Resultados do questionário
Sala de Consultas	Equipamento de Climatização	$50,1 + 3 + 0 - 43,8 \leq 5 + 0 = 9,3 \leq 5$	NÃO	Não foi analisado
Farmácia	Gerador de	$55,8 + 3 + 3 - 47,0 \leq 5 + 4 = 14,8 \leq 9$	NÃO	Não foi analisado
Quarto	Emergência	$61,1 + 3 + 0 - 34,6 \leq 5 + 4 = 29,5 \leq 9$	NÃO	Percentagem baixa de queixas

Quadro 6.33 – Resultados dos ensaios ao ruído ambiente exterior proveniente da VCI

Indicador	Valor [dB(A)]	Valor RRAE [dB(A)] *	Cumprir os requisitos acústicos?	Resultados do questionário
L_{den}	74,6	≤ 65	NÃO	Não foi analisado
L_n	67,0	≤ 55	NÃO	Não foi analisado

* - valores presentes no artigo 11.º 1. c) do RGR

7

CONCLUSÃO

7.1. SÍNTESE GERAL

Após a realização deste trabalho de investigação, cujo principal objetivo é estudar o comportamento acústico de edifícios hospitalares à luz da regulamentação existente, utilizando como caso de estudo o Hospital da Prelada, conclui-se que os objetivos foram cumpridos na globalidade. A legislação e as normas referentes a este assunto foram analisadas, procurando compreender quais os aspetos relevantes aquando do estudo do comportamento acústico dos hospitais. Após esta análise, e tendo também em conta o critério de amostragem do LNEC, conseguiu-se eleger os locais a ensaiar e quais os parâmetros que se pretendia determinar. Os ensaios planeados foram realizados, com algumas condicionantes próprias do edifício em estudo, obtendo-se os resultados pretendidos. Conseguiu-se ainda realizar um questionário junto dos utentes e pacientes desta instituição de saúde, comparando desta forma os resultados experimentais com o RRAE e com a opinião/reação daqueles que usufruem do espaço em questão.

Além desta análise comportamental, fez-se também uma análise crítica ao RRAE (ver capítulo 4) e aos critérios de amostragem do LNEC (ver capítulo 5). No primeiro caso verificaram-se imprecisões e situações de dúvida aquando da leitura dos artigos do regulamento, mais especificamente, do artigo 8.º, tendo sido apresentada uma proposta de correção que visa resolver algumas das situações analisadas, por exemplo, ao nível do Quadro V. No caso do critério de amostragem do LNEC verificou-se que este, ao ser aplicado ao edifício em estudo, originava um conjunto elevado de ensaios a realizar, algo difícil de cumprir tendo em conta os meios e o tempo disponíveis. Assim sendo, o ideal seria criar um critério que promovesse o estudo dos locais mais desfavoráveis, mas que fossem simultaneamente representativos.

A avaliação da reação dos utentes, através de um questionário, foi realizada com o intuito de correlacionar os resultados experimentais com aquilo que o utilizador do espaço capta, ao nível auditivo. Os resultados permitem concluir que: o ruído dos equipamentos e da envolvente não afeta, de forma considerável, o descanso dos pacientes; que estes apenas apresentam uma percentagem de respostas positivas mais elevada para o cenário de ouvir as enfermeiras no corredor, situação muitas vezes potenciada por portas mal isoladas e com frinchas largas (ver figura 7.1) e que os carrinhos metálicos a passar no corredor são a fonte sonora que mais incomoda os utentes (46% das respostas).

Ao nível dos resultados experimentais, apenas o caso do isolamento a sons aéreos entre o quarto e o refeitório cumpre os requisitos acústicos legislados. Os restantes casos estudados ficam aquém do que é exigido, verificando-se que as situações mais graves são:

- Isolamento a sons aéreos entre o gabinete médico e a sala de convívio, com uma diferença de 33 dB entre o limite legislado e o valor determinado;
- Isolamento a sons de percussão do pavimento entre quartos particulares, com uma diferença de 14 dB entre o existente e o exigido;
- Nível de avaliação do ruído do equipamento de ventilação existente na sala administrativa, com uma diferença de 16 dB(A) entre o valor obtido e a exigência regulamentada;
- Critério de incomodidade com o quarto particular como recetor e o gerador de emergência como emissor, verificando-se um excesso de 20,5 dB(A) em relação ao valor ideal.

Ao analisar estes dados, comparativamente com os resultados do questionário, é possível retirar algumas conclusões:

- Apesar dos isolamentos a sons aéreos da fachada e entre quartos não cumprirem o RRAE, os pacientes não possuem, na sua maioria, queixas, não conseguindo ouvir os carros na rua ou os utentes nos quartos vizinhos (ver figura 6.4);
- Os utentes não conseguem ouvir as pessoas no piso de cima (ver figura 6.4), mesmo não se cumprindo o isolamento a sons de percussão do pavimento entre quartos;
- Como determinado experimentalmente, o gerador de emergência é uma fonte de incómodo, algo que também é evidente pela análise da figura 6.5, assim sendo, seria interessante proceder a medidas de melhoria e correção, uma vez que a fachada dos quartos é maioritariamente envidraçada e a partir do terceiro piso existe uma vista desimpedida para o local onde o gerador se encontra, o que resulta num agravamento da situação.

Por fim levantasse a questão: poder-se-ão baixar as exigências feitas ao nível da acústica no RRAE? Segundo algumas das conclusões deste trabalho tal é possível e até benéfico em termos económicos e construtivos, não se prejudicando o bem-estar dos utentes deste tipo de edifício, no entanto, seria ideal fazer um estudo mais detalhado e minucioso para fundamentar corretamente a resposta a esta pergunta, algo que consta das perspetivas de desenvolvimento futuro (ver ponto 7.2).



Fig. 7.1 – Frincha entre a porta e o aro que a envolve

7.2. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Com a conclusão deste trabalho tornou-se evidente a necessidade de estudar mais espaços do hospital, tentando cobrir ao máximo todas as combinações possíveis expressas no Quadro V do RRAE, além de outros cenários presentes ao longo do artigo 8.º do referido regulamento.

Seria também interessante estudar outros edifícios hospitalares com soluções construtivas e idades diferentes, procurando perceber se o incumprimento do RRAE se limita a edifícios pré-implementação deste regulamento, ou se também se estende à construção moderna e atual.

Outro ponto de interesse a estudar em trabalhos futuros seriam os restantes artigos do RRAE, procurando situações de dúvida e/ou erro, sempre com o objetivo de apresentar propostas de correção fundamentadas, por exemplo, em ensaios realizados em edifícios com a função em estudo, nomeadamente, edifícios habitacionais, edifícios comerciais e de serviços, edifícios escolares, recintos desportivos, estações de transporte de passageiros, auditórios e salas.

Seria ainda importante realizar um inquérito mais detalhado, que abordasse a questão do ruído e do incómodo gerado de uma outra perspetiva, escolhendo uma amostra mais numerosa e processando os resultados de forma estatística, comprovando assim se as conclusões retiradas do questionário realizado retratam de forma fiel o pensamento dos utentes do hospital estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Hospital>, 22 de Fevereiro de 2012.
- [2] Costa, J. Almeida, Sampaio e Melo, A., *Dicionário da Língua Portuguesa*, 6ª ed., Porto Editora.
- [3] http://www.arenha.di.uoa.gr/Kos_history.htm, 22 de Fevereiro de 2012.
- [4] *Portugal em Números 2009*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2011.
- [5] *Anuário Estatístico de Portugal 2010*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2011.
- [6] MacKenzie, DJ, Galbrun, L., *Noise levels and noise sources in acute care hospital wards*, Building Services Engineering Research & Technology, 2007, páginas 117 a 131, Sage Publications, Ltd.
- [7] Konkani, Avinash, Oakley, Barbara, *Noise in hospital intensive care units – a critical review of a critical topic*, Journal of Critical Care, Setembro de 2011, páginas 1 a 9, Elsevier Inc.
- [8] Carvalho, António P. O. de, Pereira, Luís F., *Ruído em Incubadoras e Unidades de Cuidados Intensivos em Neonatologia*, I Congresso Iberoamericano de Acústica – 18º Encontro da SOBRAC, 4 a 8 de Abril de 1998, páginas 247 a 250, Florianópolis.
- [9] Diniz, Isabela N. A., et al., *Determinação dos Níveis de Ruído nas Unidades de Terapia Intensiva de dois Hospitais de Belo Horizonte, Visando uma Melhoria na Qualidade de Vida*, Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Centro Universitário de Belo Horizonte, Caxambu.
- [10] Privato, Liane Führ, et al., *Promoção da saúde em escola de ensino fundamental: relato de ação conjunta entre enfermagem e fonoaudiologia*, Nursing – 9º Congresso Brasileiro, 1 e 2 de Setembro de 2011, Universidade São Camilo, página 28, Editorial Bolina Brasil Ltda, São Paulo.
- [11] Amado, José Daniel R., *Caracterização Acústica de Sinagogas – A Sinagoga Mekor Haim*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [12] Harris, Cyril M., *Dictionary of Architecture and Construction*, 4th ed., McGraw-Hill, 2006.
- [13] Long, Marshall, *Architectural Acoustics*, Elsevier Inc., 2006.
- [14] Barron, Randall F., *Industrial Noise Control and Acoustics*, Marcel Dekker Inc., New York, 2001.
- [15] <http://static.panoramio.com/photos/original/458136.jpg>, 10 de Março de 2012.
- [16] Isbert, Antoni Carrión, *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*, Edicions UPC, Barcelona, 1998.
- [17] Carvalho, A. P. Oliveira de, *Acústica Ambiental e de Edifícios*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Edição 8.1, Porto, 2011.
- [18] *Environmental Noise*, Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000.
- [19] <http://www.apexpowergroup.com/piopico/apexdocuments/Sound%20Level%20Thermometer.jpg>, 10 de Março de 2012.
- [20] Silva, P. Martins da, *Acústica de Edifícios*, ITE 8, LNEC, Lisboa, 1998.
- [21] Henrique, Luís L., *Acústica Musical*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2002.
- [22] <http://tapetespfso.blogs.iol.pt/files/2011/01/Louvre.jpg>, 12 de Março de 2012.

- [23] http://oluso.no.sapo.pt/pmachadoribeiro/tectosfalsos/003_02_TectosFalsos_Gaia.JPG, 12 de Março de 2012.
- [24] http://www.acusticateoria.com.br/imagens/linha_residencial02b.jpg, 12 de Março de 2012.
- [25] Queirós, Dóris M. D., *Caracterização do Comportamento Acústico de Edifícios Reabilitados*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [26] Dias, Marciana, Afonso, José L., *The Noise in Hospital Units*, BISE – Boletim Informativo do Serviço de Enfermagem Nº 23, Novembro de 2001, páginas 10 e 11.
- [27] Webb, Jill J., *Effects of hospital noise on heart rate variability of acutely ill adults*, Dissertação de Doutoramento do College of Graduate Health Sciences, University of Tennessee, 1998.
- [28] Richardson, Annette, *et al.*, *Development and implementation of a noise reduction intervention programme: a pre- and postaudit of three hospital ward*, Journal of Clinical Nursing, 27 de Fevereiro de 2009, páginas 3316 a 3324, Blackwell Publishing Ltd.
- [29] Elander, Gunnel, Hellström, Gunilla, *Reduction of noise levels in intensive care units for infants: Evaluation of an intervention program*, Heart & Lung, Setembro/Outubro de 1995, páginas 376 a 379, Mosby-Year Book, Inc.
- [30] Griffin, Joyce Patricia, *The effect of progressive muscular relaxation on subjectively reported disturbance due to hospital noise*, Dissertação de Doutoramento da School of Education, Health, Nursing, and Arts Professions, New York University, 1988.
- [31] *Recomendações e Especificações Técnicas do Edifício Hospitalar*, Publicações Unidade Operacional – Normalização de Instalações e Equipamentos, 2011.
- [32] <http://www.scmp.pt>, 22 de Fevereiro de 2012.
- [33] <http://www.behance.net/veronicacruz/frame/713138> , 15 de Março de 2012.
- [34] <http://cyberdemocracia.blogspot.com/2011/12/alienacao-mental-no-porto-notas-para.html>, 14 de Março de 2012.
- [35] <http://scmp.pai.pt/>, 22 de Fevereiro de 2012.
- [36] http://www.maiahoje.pt/ult_hora.php?id=492, 14 de Março de 2012.
- [37] Alípio Moreira, *Plantas do Projeto do Hospital da Prelada*, Gabinete de Desenho, escala 1:100, actualizadas a Novembro de 2011.
- [38] *Decreto-Lei nº 129/2002 de 11 de Maio*.
- [39] *Anexo 10 – Linhas de Orientação e Especificações Técnicas e de Serviço do Edifício Hospitalar*, Concurso Público – Hospital de Loures, Ministério da Saúde, 2007.
- [40] *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – Avaliação Acústica/Critérios de Amostragem*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 13 de Abril de 2012.
- [41] NP EN ISO 140-4 “*Acústica: Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção – Parte 4: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos*”. 2000.
- [42] NP EN ISO 140-5 “*Acústica: Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção – Parte 5: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachada*”. 2000.

- [43] NP EN ISO 140-7 “Acústica: Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção – Parte 7: Medição in situ do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão”. 2008.
- [44] NP EN ISO 16032 “Acústica: Medição do nível de pressão sonora de equipamentos de serviço em edifícios – Método de Engenharia”. 2009.
- [45] NP EN ISO 717-1 “Acústica: Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção – Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea”. 2009.
- [46] *Planta de Condicionantes*, Plano Diretor Municipal do Porto, escala 1:10000, Setembro de 2005.
- [47] Patrício, J., *Isolamento Sonoro a Sons Aéreos e de Percussão: Metodologias de Caracterização*, ITE 45, LNEC, Lisboa, 1999.
- [48] Pope, Diana, Decibel levels and noise generators on four medical/surgical nursing units, *Journal of Clinical Nursing*, 27 de Fevereiro de 2010, páginas 2463 a 2470, Blackwell Publishing Ltd.
- [49] *Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho*. – Diário da República – 1ª Série Nº 110. 2008.
- [50] *Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro*. – Diário da República – 1ª Série Nº 12. 2007.
- [51] NP EN ISO 717-2 “Acústica: Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção – Parte 2: Isolamento sonoro a sons de percussão”. 2009.

Anexos

A.1. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA REAÇÃO DOS UTENTES

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Opção de Construções Cívicas

Dissertação: Avaliação do Desempenho Acústico dum Edifício Hospitalar em Serviço



Avaliação da reação dos utentes do Hospital da Prelada

Nº : _____

Data: _____

Piso: _____

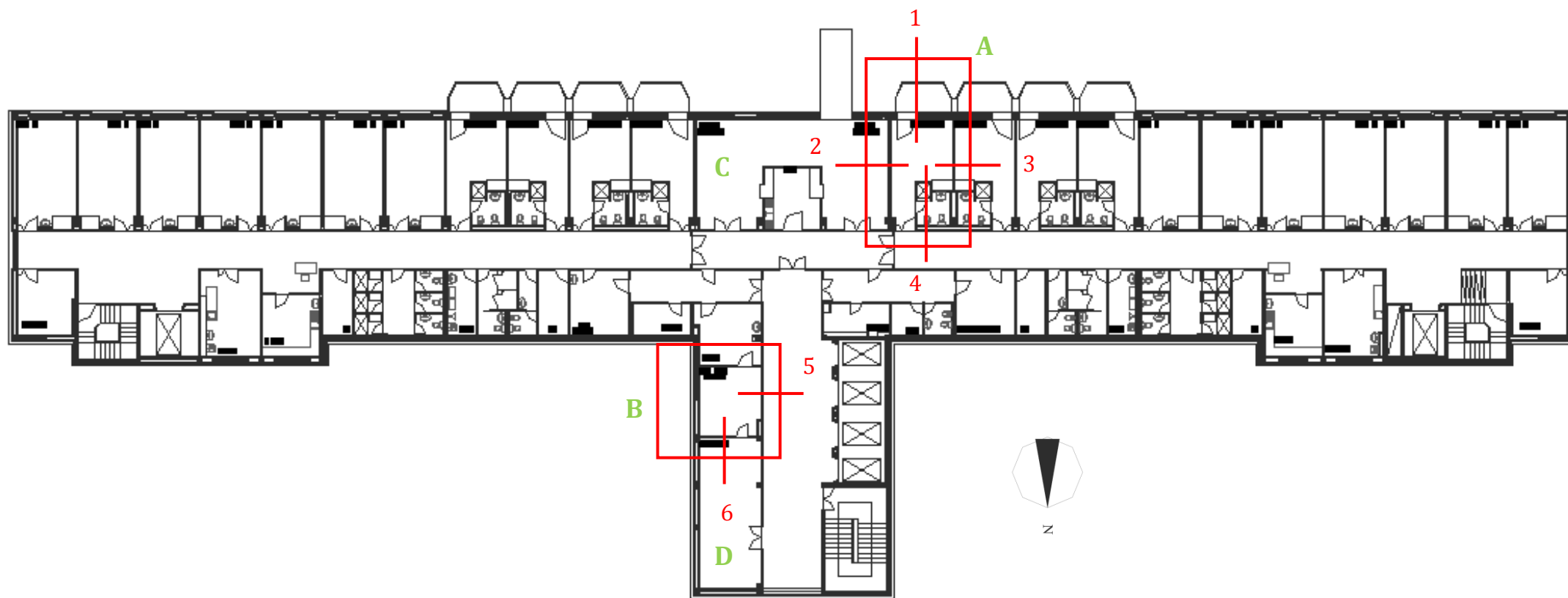
Quarto: _____

Idade: _____

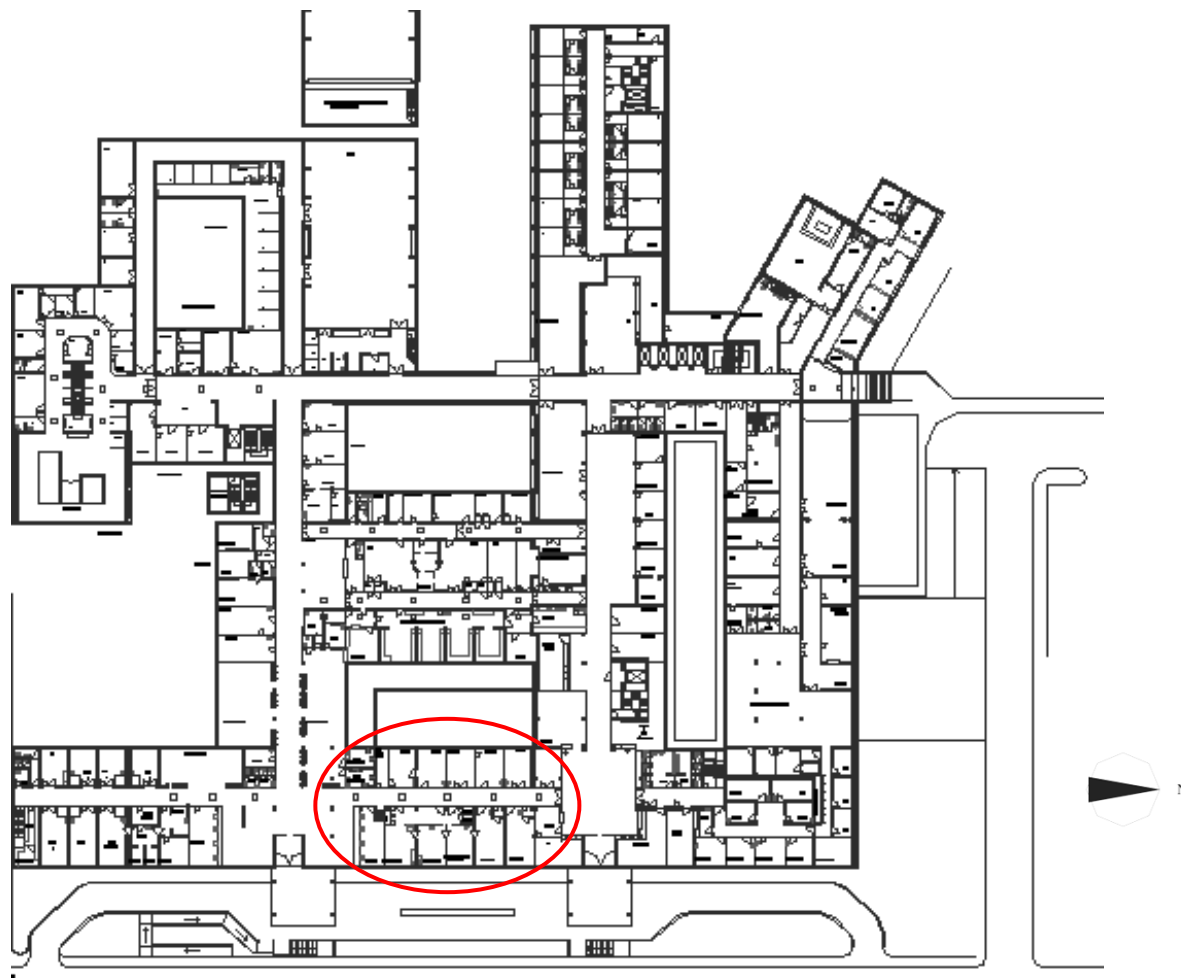
PERGUNTAS	SIM	NÃO
Tem problemas de audição?		
Se sim, usa um aparelho auditivo?		
Devido ao seu internamento, tem tido dificuldade em dormir?		
Se sim, quais as causas?		
1. Dores devido ao procedimento a que esteve sujeito	1.	
2. Sensação de desconforto por ser um ambiente estranho e não familiar	2.	
3. Barulho no horário das refeições	3.	
4. Barulho produzido pelo companheiro de quarto	4.	
5. Barulho das enfermeiras	5.	
6. Barulho dos equipamentos	6.	
7. Barulho dos carros na VCI	7.	
8. Outra	8.	
Consegue ouvir as pessoas nos quartos vizinhos e/ou as suas TV's?		
Se sim, consegue perceber o que dizem?		
Consegue ouvir as pessoas a andarem no piso de cima?		
Consegue ouvir os carros a passarem na rua?		
Consegue ouvir as enfermeiras a conversarem no corredor?		
De entre os seguintes barulhos, qual ou quais é que o incomodam mais?		
1. Enfermeiras a conversar fora do quarto	1.	
2. Equipamentos médicos a funcionar	2.	
3. Pessoas nos quartos vizinhos	3.	
4. Carros na rua	4.	
5. Passos e arrastar de cadeiras no piso de cima	5.	
6. Carrinho do almoço a passar nas juntas metálicas	6.	
7. Outro	7.	

Anexos

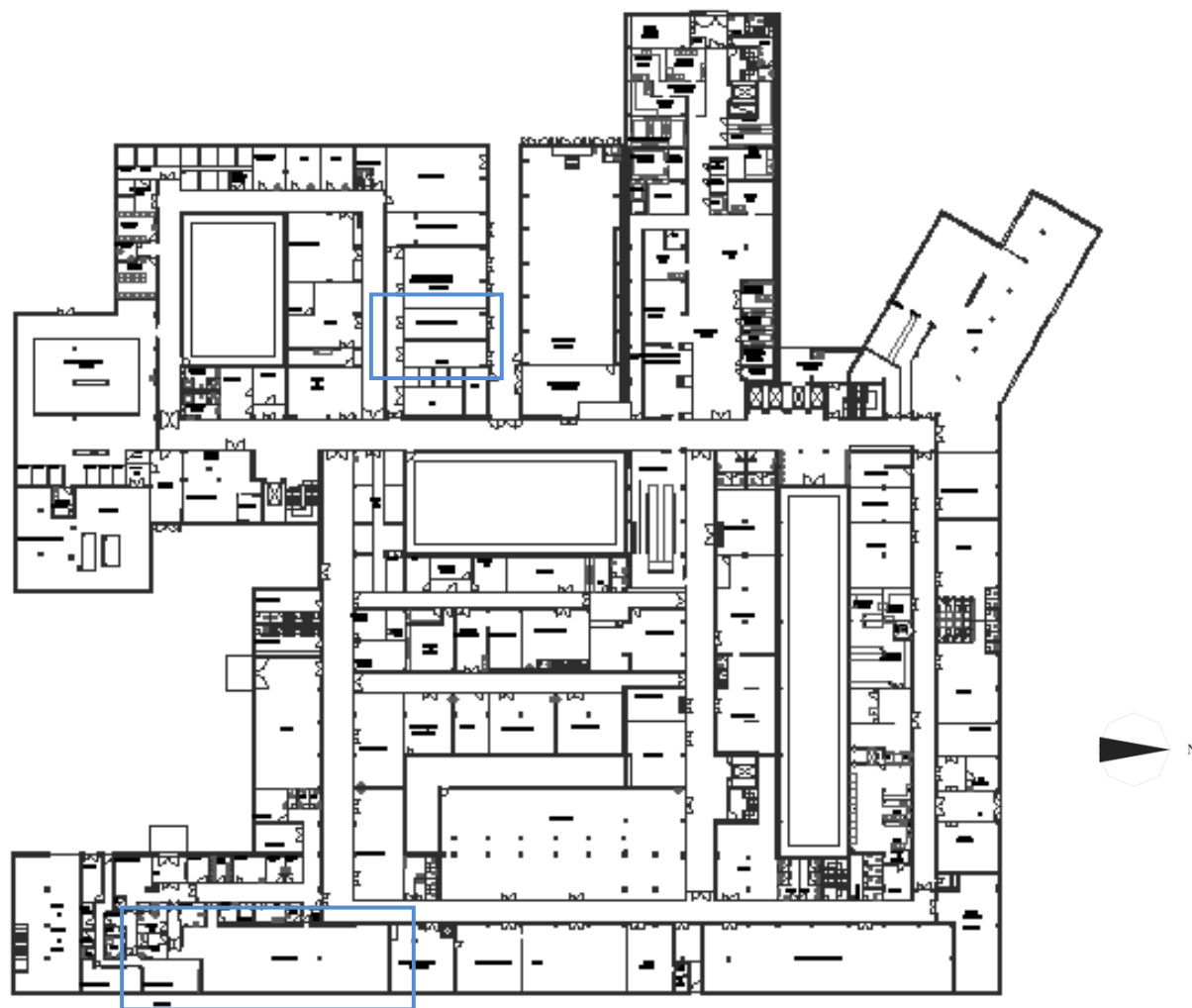
A.2. MAPA DE ENSAIOS



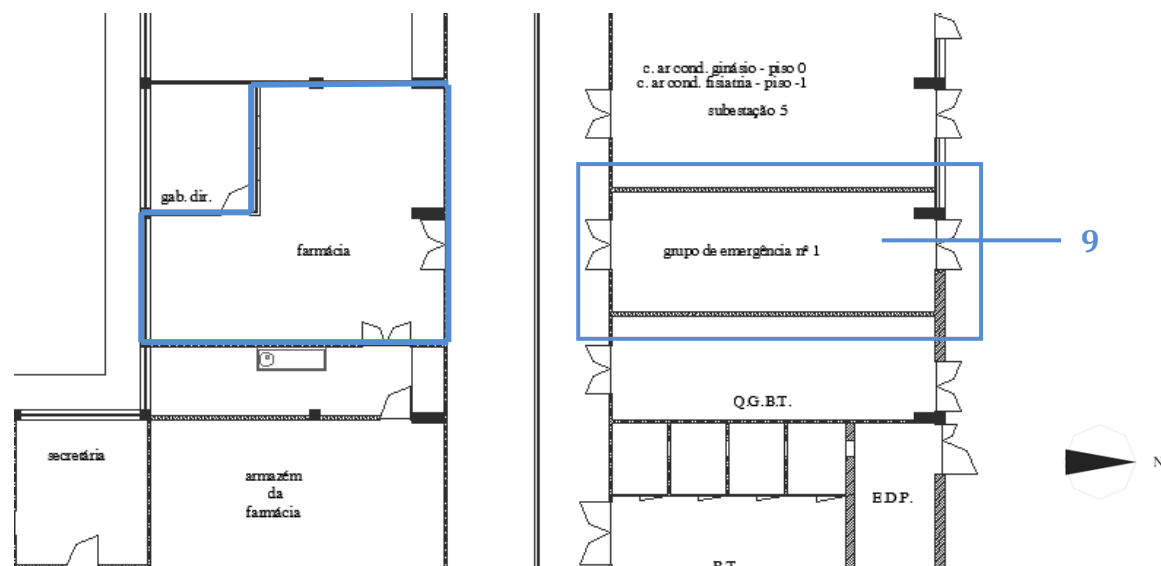
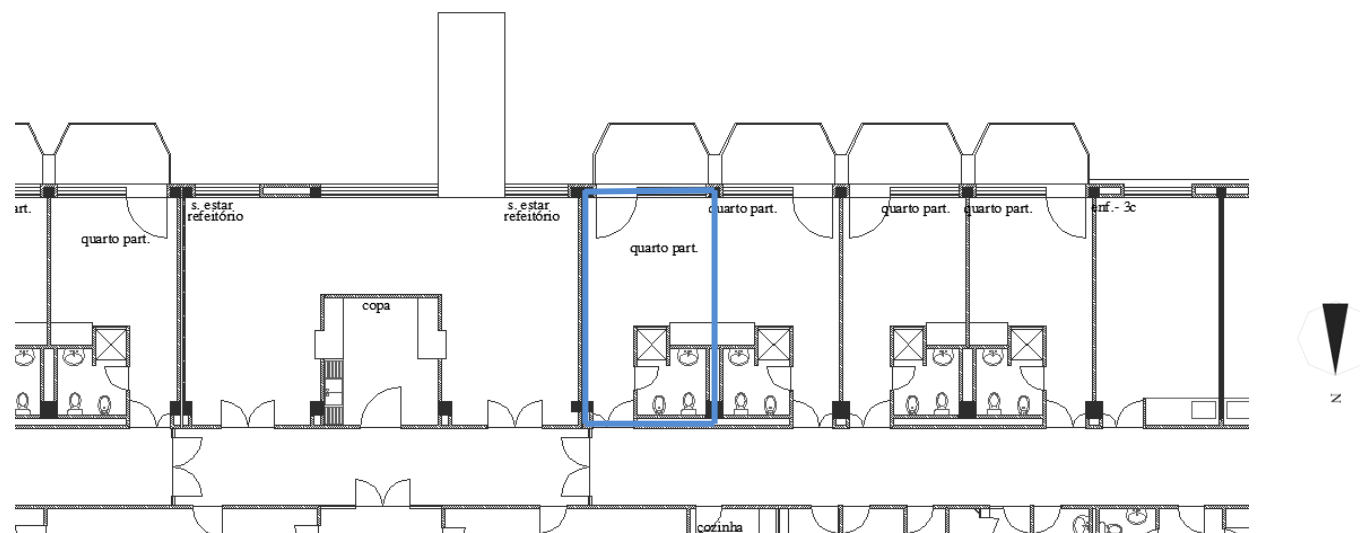
Piso 4 (Ala Poente e zona dos elevadores)



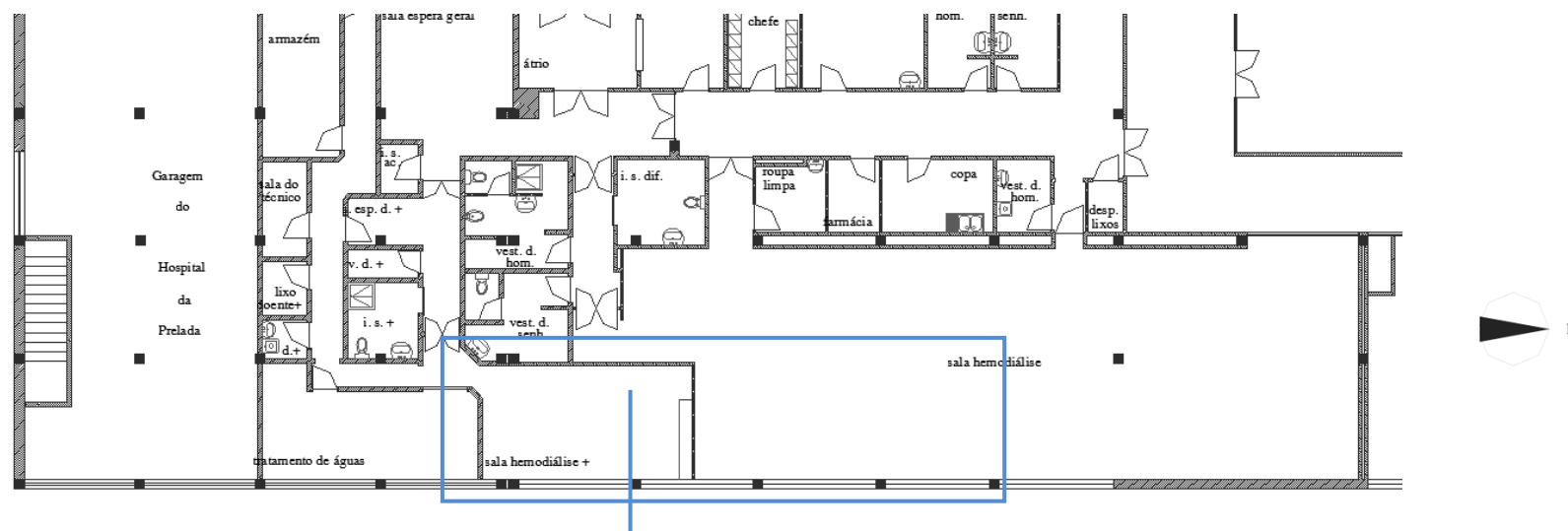
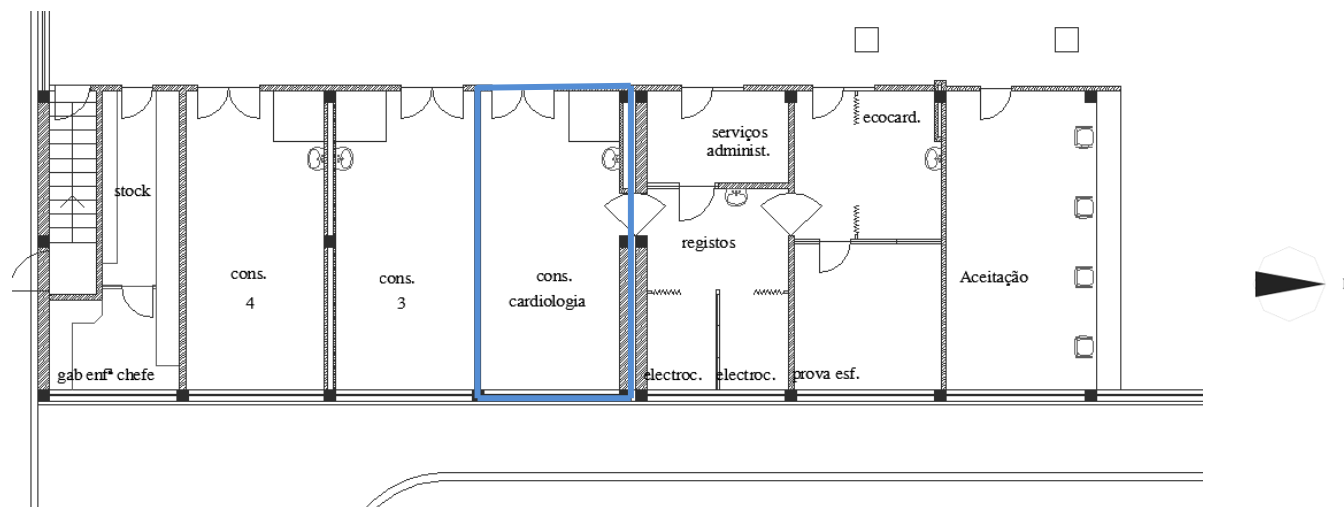
Piso 0 (zona em estudo)



Piso -1 (zonas de ensaios extra - AVAC hemodiálise e gerador de emergência)

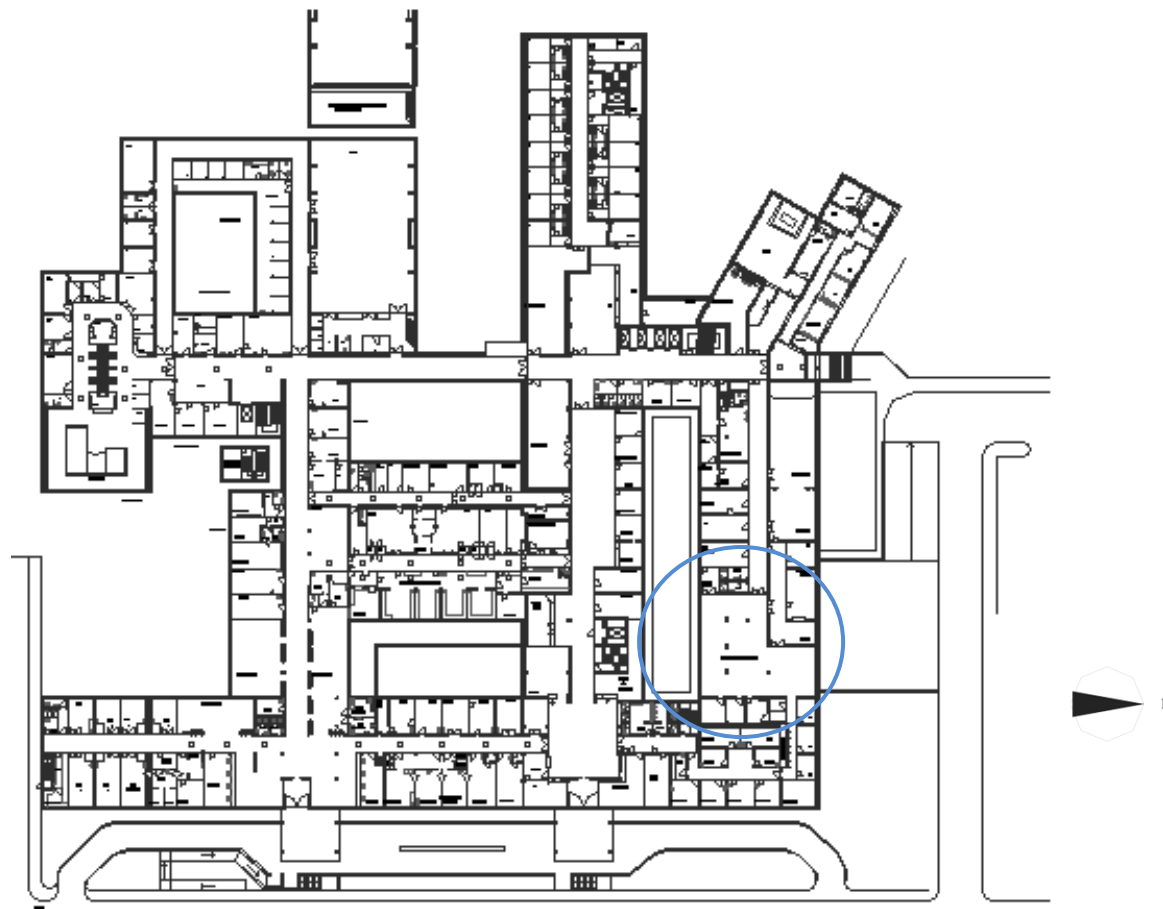


Pormenor da zona de ensaio (piso 3 e piso -1)

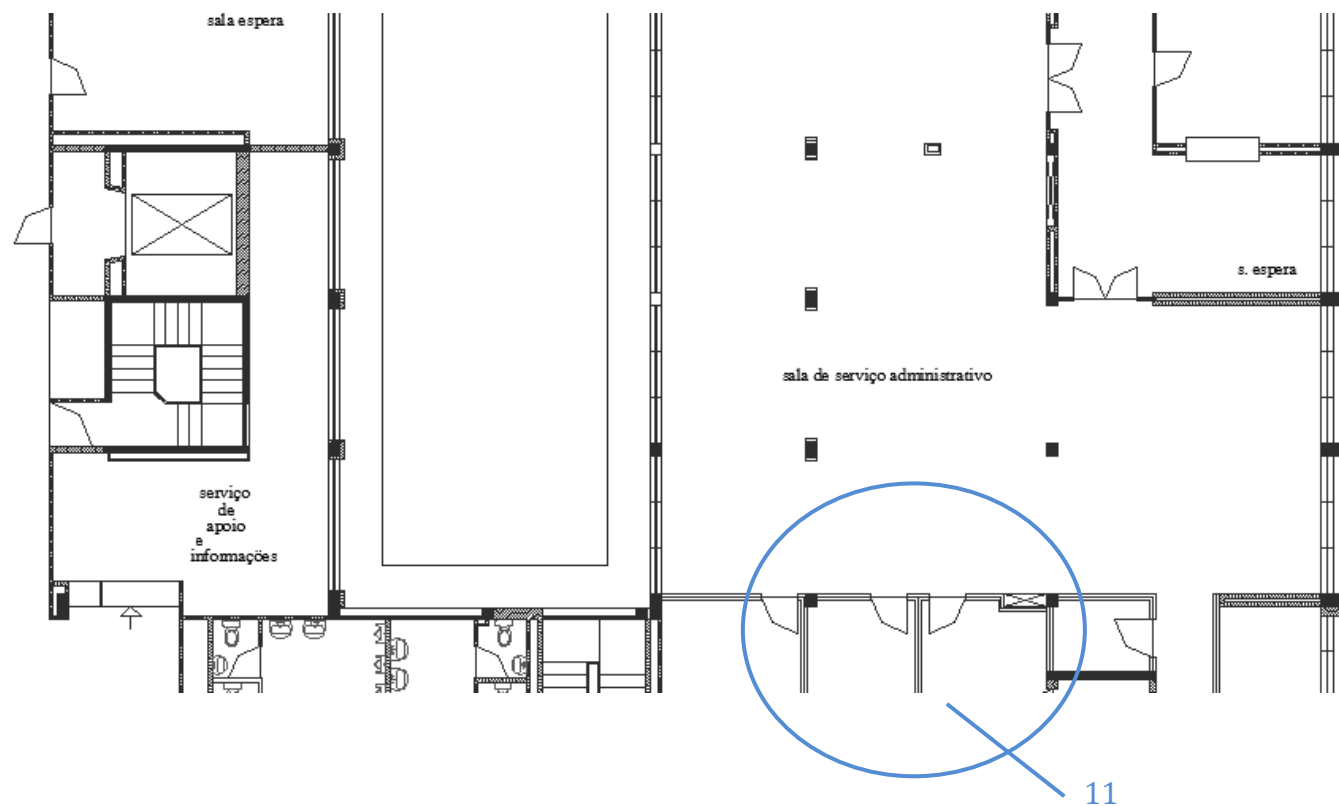


10

Pormenor da zona de ensaio (piso 0 e piso -1) – Fachada Este



Piso 0 (zona de ensaio extra – AVAC open-space administrativo)



Pormenor da zona de ensaio (piso 0)



1	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea exterior – quarto, $D_{2m,nT,w}$
2	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea refeitório – quarto, $D_{nT,w}$
3	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea quarto – quarto, $D_{nT,w}$
4	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea corredor – quarto, $D_{nT,w}$
5	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea corredor – gabinete médico, $D_{nT,w}$
6	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea sala de convívio – gabinete médico, $D_{nT,w}$
7	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea sala de consulta – sala de consulta, $D_{nT,w}$
8	Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea corredor – sala de consulta, $D_{nT,w}$
9	Nível de pressão sonora, L_p , medido na farmácia (pisos -1) e num quarto (pisos 3, ala Poente), com o aparelho ligado e desligado
10	Nível de pressão sonora, L_p , dentro da sala de consulta no piso 0, com o aparelho ligado e desligado
11	Nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$
A	Índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$
B	Índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$
C	Tempo de reverberação, T
D	Tempo de reverberação, T

Anexos

A.3. BOLETINS DE ENSAIO

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento emissor:** Circulação Interna**Volume:** 239,1 m³**Compartimento recetor:** Gabinete Médico**Volume:** 37,2 m³**Área do elemento de separação:** 10,2 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;

Descrição e Observações:

Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no quarto piso do Hospital da Prelada, estando finalizados e em plena utilização. O gabinete médico está decorado com material permanente, desempenhando atualmente a função de sala de reuniões. Não existe uma comunicação direta entre os compartimentos estudados.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas cinco posições de microfone por forma a não perturbar os utentes, uma vez que a fonte sonora se encontrava na circulação interna.

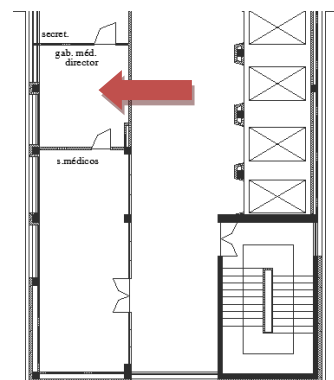
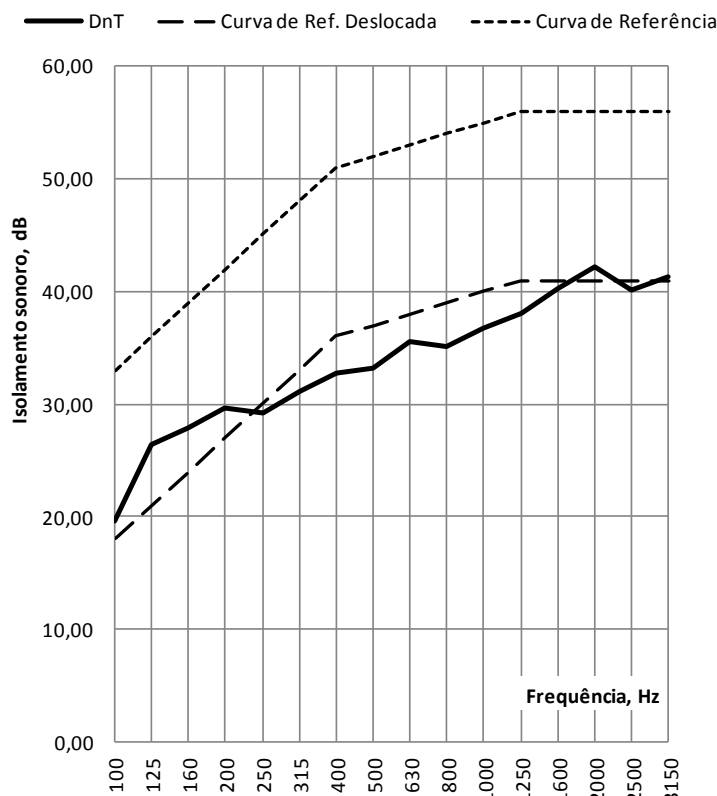


Fig.1 – Planta da zona em estudo (piso 4)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	18
125	21
160	24
200	27
250	30
315	33
400	36
500	37
630	38
800	39
1000	40
1250	41
1600	41
2000	41
2500	41
3150	41
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 37 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento emissor:** Sala de Convívio**Volume:** 102,3 m³**Compartimento recetor:** Gabinete Médico**Volume:** 37,2 m³**Área do elemento de separação:** 8,4 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Mettravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;

Descrição e Observações:

Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no quarto piso do Hospital da Prelada, estando finalizados e em plena utilização. O gabinete médico está decorado com material permanente, desempenhando atualmente a função de sala de reuniões. Existe uma comunicação direta entre os dois compartimentos.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.

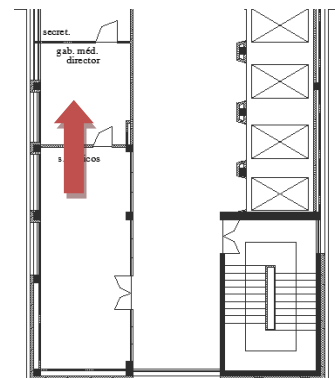
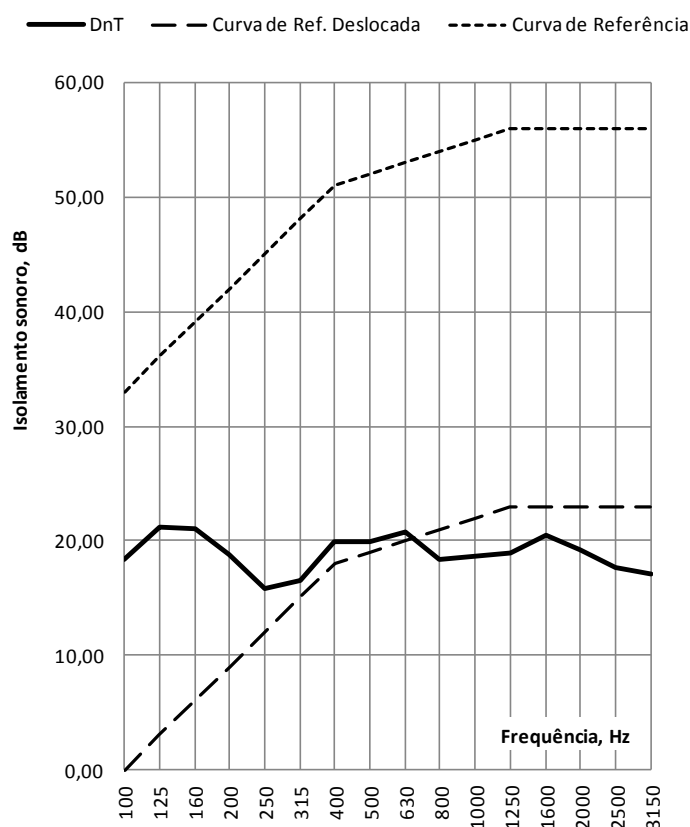


Fig.1 – Planta da zona em estudo (pisso 4)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	0
125	3
160	6
200	9
250	12
315	15
400	18
500	19
630	20
800	21
1000	22
1250	23
1600	23
2000	23
2500	23
3150	23
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 19 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 12-04-2012**Compartimento emissor:** Sala de Consulta**Volume:** 46,5 m³**Compartimento recetor:** Sala de Consulta**Volume:** 42,8 m³**Área do elemento de separação:** 12,1 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;

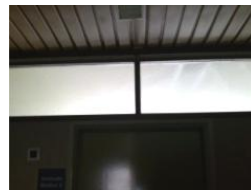


Fig.1 e 2 – Pormenor da grelha de ventilação e elemento envidraçado existentes nos compartimentos estudados

Descrição e Observações:

Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no piso zero do Hospital da Prelada, estando finalizados e em plena utilização. As salas de consultas estão decoradas com material permanente. Não existe uma comunicação direta entre os compartimentos estudados.

A porta do compartimento emissor possui uma grelha de ventilação, enquanto acima da padieira da porta do compartimento recetor existe elemento envidraçado com largura superior ao vão.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.

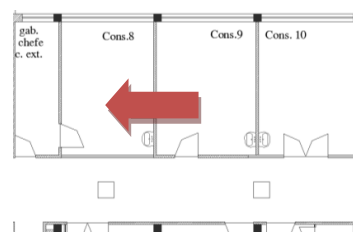
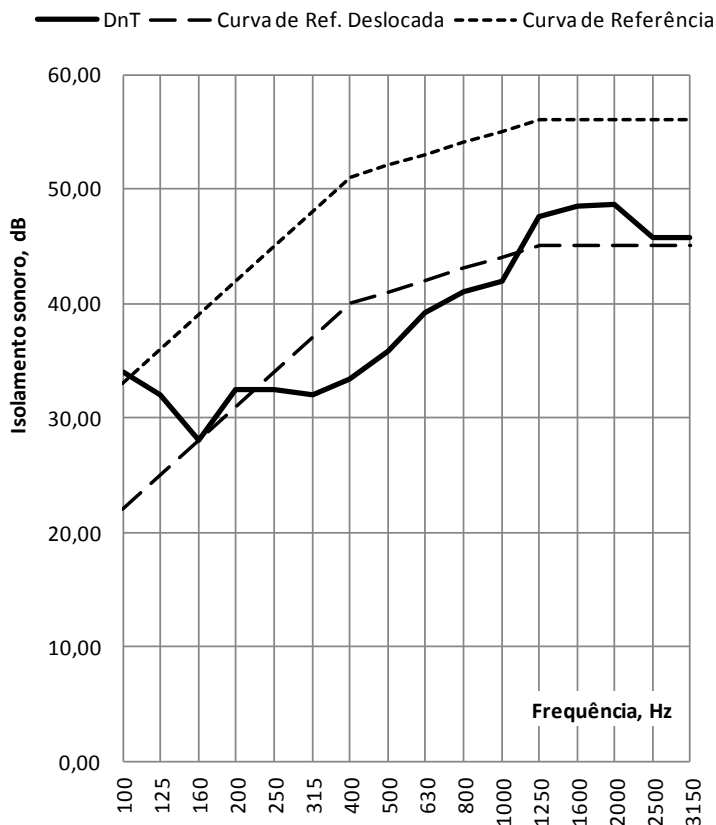


Fig.3 – Planta da zona em estudo (piso 0)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	22
125	25
160	28
200	31
250	34
315	37
400	40
500	41
630	42
800	43
1000	44
1250	45
1600	45
2000	45
2500	45
3150	45
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 41 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 12-04-2012**Compartimento emissor:** Circulação Interna**Volume:** 199,0 m³**Compartimento recetor:** Sala de consulta**Volume:** 42,8 m³**Área do elemento de separação:** 8,5 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1;
 Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL,
 modelo EON15 G2;

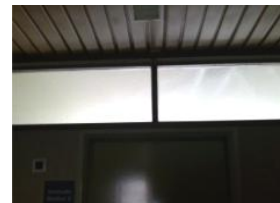


Fig.1 – Pormenor do elemento envidraçado existente no compartimento estudado

Descrição e Observações:

Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no piso zero do Hospital da Prelada, estando finalizados e em plena utilização. A sala de consulta está decorada com material permanente. A porta que possibilita a comunicação com a circulação interna apresenta um elemento envidraçado acima da padieira com largura superior ao vão.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas cinco posições de microfone por forma a não perturbar os utentes, uma vez que a fonte sonora se encontrava na circulação interna.

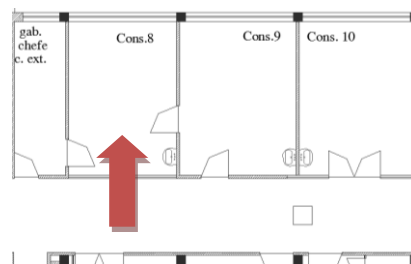
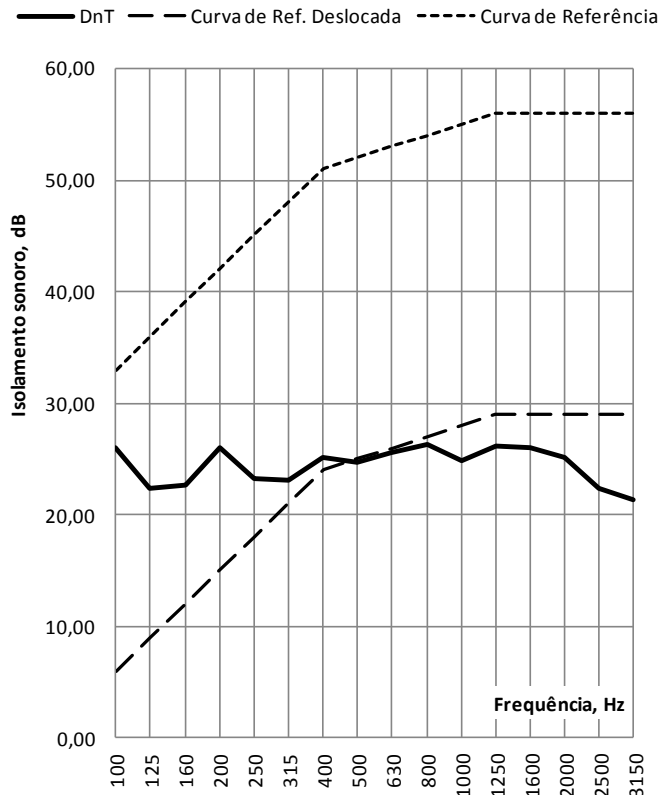


Fig.2 – Planta da zona em estudo (piso 0)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	6
125	9
160	12
200	15
250	18
315	21
400	24
500	25
630	26
800	27
1000	28
1250	29
1600	29
2000	29
2500	29
3150	29
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 25 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento emissor:** Quarto Particular**Volume:** 45,0 m³**Compartimento recetor:** Quarto Particular**Volume:** 46,1 m³**Área do elemento de separação:** 10,6 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;



Fig.1 – Interior de um quarto particular (piso 4)

Descrição e Observações:

Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada, estando finalizados e decorados com material permanente, apesar de não estarem em utilização. Não existe uma comunicação direta entre os dois compartimentos.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.

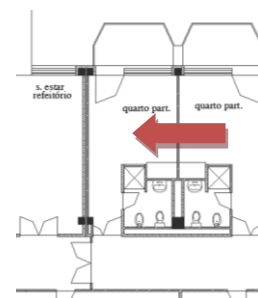
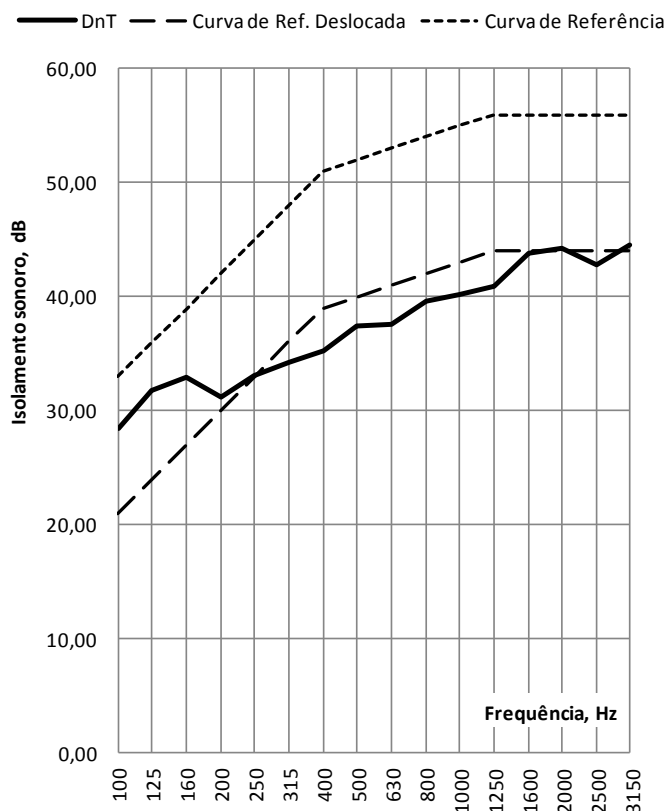


Fig.2 – Planta da zona em estudo (piso 4)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	21
125	24
160	27
200	30
250	33
315	36
400	39
500	40
630	41
800	42
1000	43
1250	44
1600	44
2000	44
2500	44
3150	44
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 40 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento emissor:** Circulação Interna**Volume:** 330,5 m³**Compartimento recetor:** Quarto Particular**Volume:** 46,1 m³**Área do elemento de separação:** 2,9 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;

Descrição e Observações:

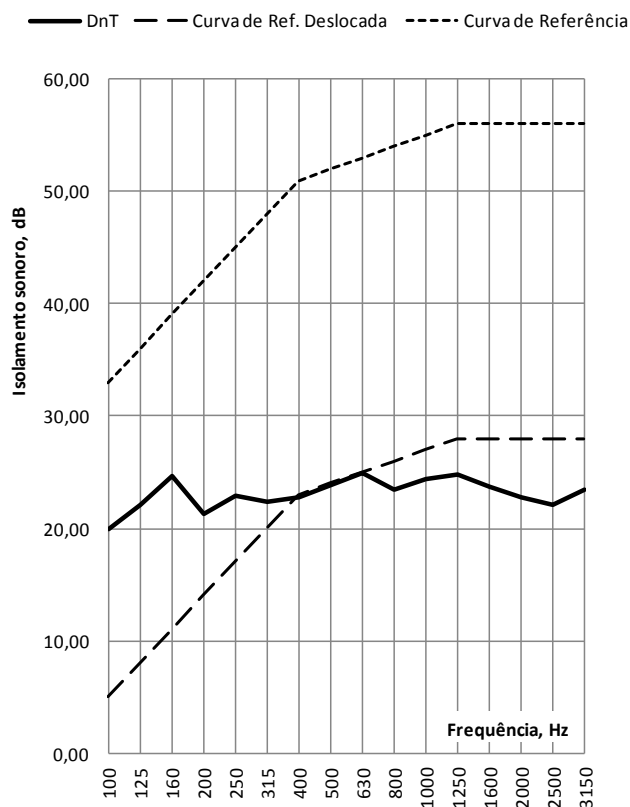
Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada, estando finalizados e decorados com material permanente, apesar de o quarto não estar a ser utilizado. Existe uma comunicação direta entre os compartimentos estudados, a qual é feita através de portas duplas desiguais.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas cinco posições de microfone por forma a não perturbar os utentes, uma vez que a fonte sonora se encontrava na circulação interna.



Fig.1 e 2 – Porta dupla desigual de entrada no quarto e planta da zona em estudo (piso 4)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	5
125	8
160	11
200	14
250	17
315	20
400	23
500	24
630	25
800	26
1000	27
1250	28
1600	28
2000	28
2500	28
3150	28
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 24 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-4**Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento emissor:** Refeitório**Volume:** 192,8 m³**Compartimento recetor:** Quarto Particular**Volume:** 46,1 m³**Área do elemento de separação:** 16,3 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Mettravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;

Descrição e Observações:

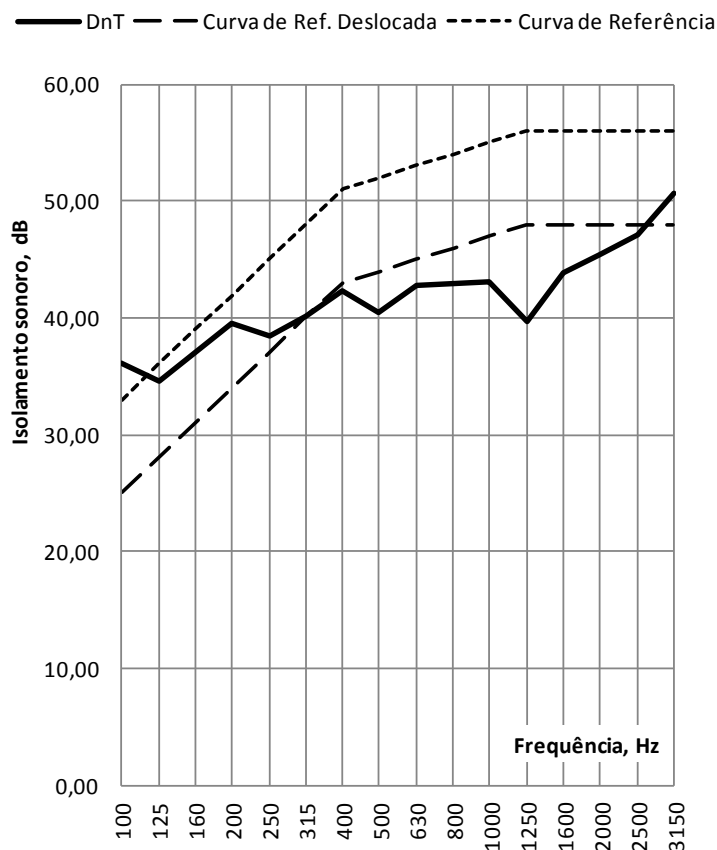
Ambos os compartimentos ensaiados situam-se no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada, estando finalizados e decorados com material permanente, apesar de o quarto não estar a ser utilizado. Não existe uma comunicação direta entre os compartimentos estudados. A porta de saída do refeitório é maioritariamente envidraçada.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.



Fig.1 – Planta da zona em estudo (piso 4)

Frequência Hz	D_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	25
125	28
160	31
200	34
250	37
315	40
400	43
500	44
630	45
800	46
1000	47
1250	48
1600	48
2000	48
2500	48
3150	48
4000	
5000	



$$D_{nT,w} = 44 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-5

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data do ensaio: 10-04-2012

Compartimento recetor: Quarto Particular

Volume: 46,1 m³

Área do elemento de separação: 9,0 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Fonte sonora, marca JBL, modelo EON15 G2;



Fig.1 – Interior de um quarto particular (pisso 4)

Descrição e Observações:

O compartimento ensaiado situa-se no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada, estando finalizado e decorado com material permanente, apesar de não estar em utilização. A fonte sonora foi colocada na varanda e o elemento de separação entre estes dois espaços apresenta uma área envidraçada considerável.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas cinco posições de microfone, uma vez que a área da varanda é reduzida, tornando desnecessária a utilização de duas posições de fonte sonora.

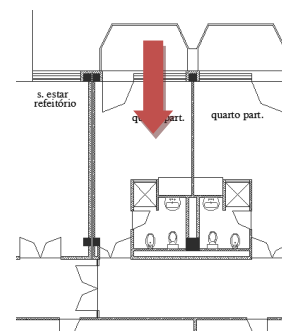
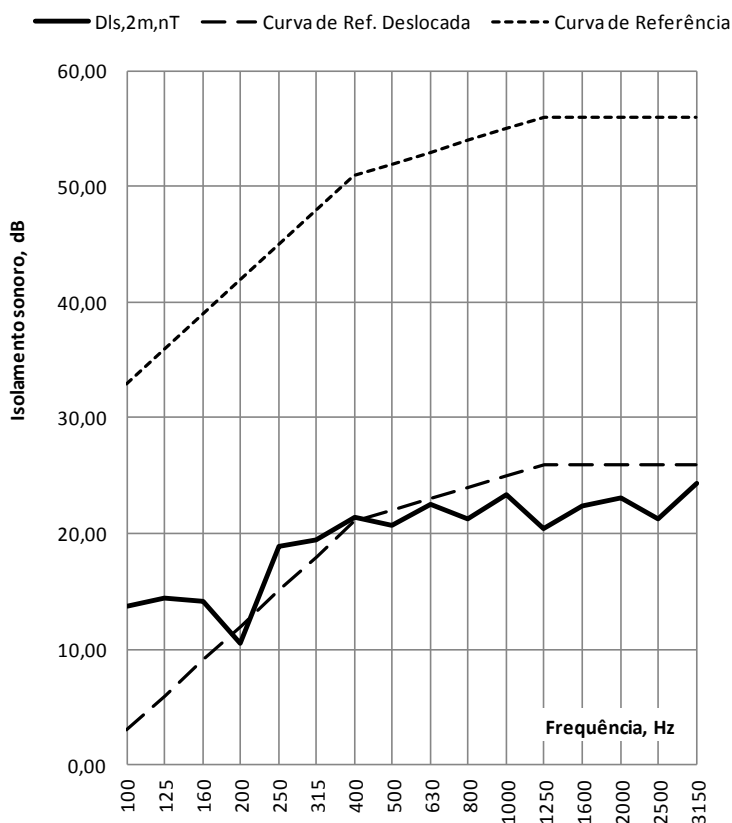


Fig.2 – Planta da zona em estudo (pisso 4)

Frequência Hz	$D_{ls,2m,nT}$ dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	3*
125	6*
160	9*
200	12
250	15*
315	18
400	21
500	22
630	23
800	24
1000	25
1250	26
1600	26
2000	26
2500	26
3150	26
4000	
5000	

* - Aplicada a correção do ruído de fundo



$$D_{ls,2m,nT,w} (C;C_{tr}) = 22 (-1;-2) \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-1)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-7**Medição *in situ* do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão****Data do ensaio:** 13-04-2012**Compartimento emissor:** Gabinete Médico**Volume:** 37,2 m³**Compartimento recetor:** Gabinete Médico**Volume:** 37,2 m³**Área do elemento de separação:** 15,5 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Máquina de percussão da marca Brüel & Kjær, modelo 3207, constituída por 5 martelos;



Fig.1 – Interior do gabinete médico (piso 3)

Descrição e Observações:

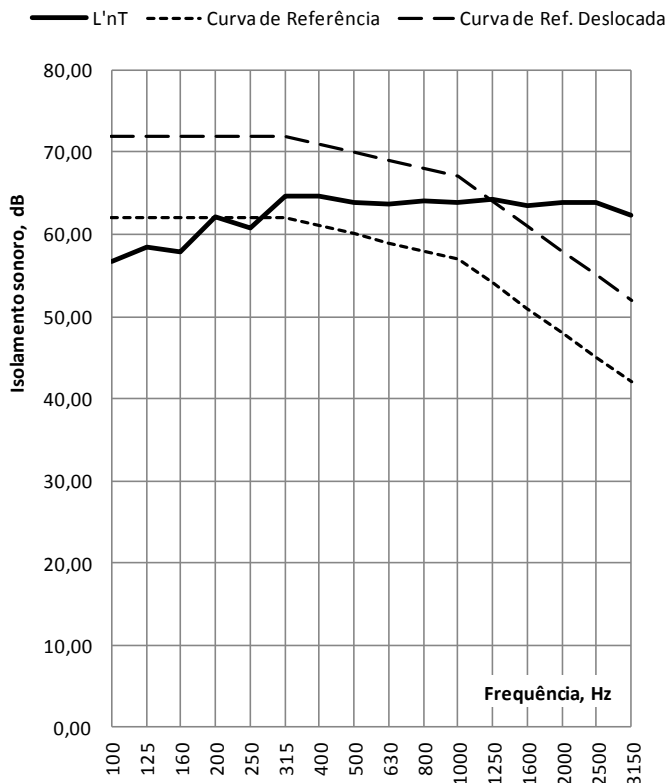
O compartimento emissor situa-se no quarto piso do Hospital da Prolada, enquanto o compartimento recetor está situado no terceiro piso, estando ambos finalizados e em plena utilização. O compartimento recetor está decorado com material permanente e desempenha a função de gabinete médico, ao contrário do compartimento emissor que é uma sala de reuniões.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas cinco posições de microfone por forma a não incomodar as consultas que estavam a decorrer.



Fig.2 – Planta da zona recetora em estudo (piso 3)

Frequência Hz	L'_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	72
125	72
160	72
200	72
250	72
315	72
400	71
500	70
630	69
800	68
1000	67
1250	64
1600	61
2000	58
2500	55
3150	52
4000	
5000	



$$L'_{nT,w} = 70 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-2)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma NP EN ISO 140-7**Medição *in situ* do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão****Data do ensaio:** 13-04-2012**Compartimento emissor:** Quarto Particular**Volume:** 46,1 m³**Compartimento recetor:** Quarto Particular**Volume:** 46,1 m³**Área do elemento de separação:** 19,2 m²

Equipamentos: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212; Máquina de percussão da marca Brüel & Kjær, modelo 3207, constituída por 5 martelos;

**Descrição e Observações:**

O compartimento emissor situa-se no quarto piso ala Poente do Hospital da Prelada, enquanto o compartimento recetor está situado no terceiro piso da mesma ala, estando ambos finalizados apesar de não estarem em utilização. O compartimento recetor não possui mobiliário permanente, ao contrário do compartimento emissor.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.

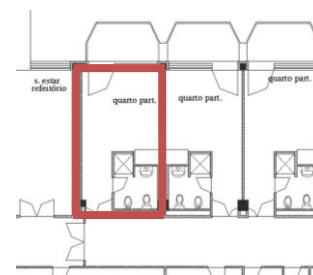
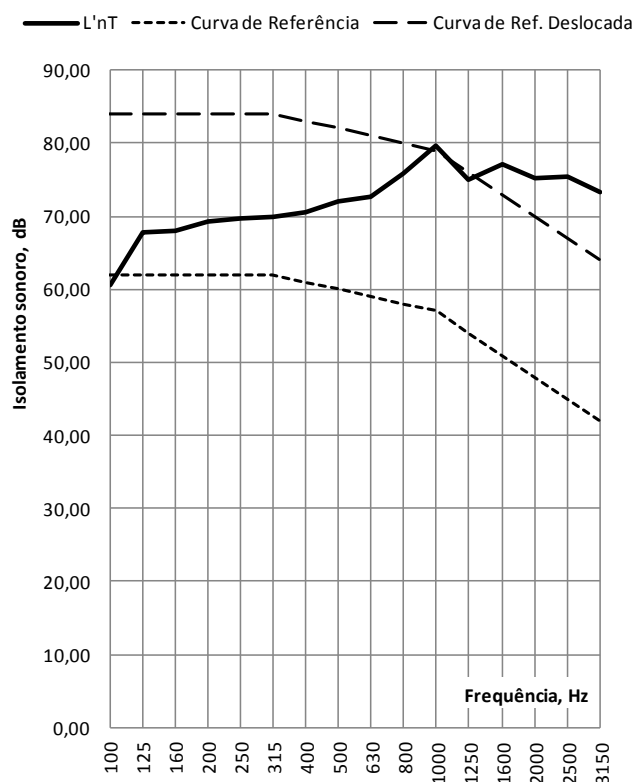


Fig.1 e 2 – Interior do quarto recetor e planta da zona em estudo (piso 3)

Frequência Hz	L'_{nT} dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	84
125	84
160	84
200	84
250	84
315	84
400	83
500	82
630	81
800	80
1000	79
1250	76
1600	73
2000	70
2500	67
3150	64
4000	
5000	



$$L'_{nT,w} = 82 \text{ dB}$$

(cálculo efetuado com recurso à norma NP EN ISO 717-2)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Tempo de reverberação de acordo com a norma ISO 3382-2**Determinação do tempo de reverberação****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento recetor:** Refeitório **Volume:** 192,8 m³**Equipamentos:** Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1;
Microfone, marca Gras, modelo MCE 212;**Fonte sonora:** Balão (estímulo pontual);Descrição e Observações:

O compartimento ensaiado situa-se no quarto piso do Hospital da Prelada, estando finalizado, decorado com material permanente e em utilização. Trata-se de um espaço com bastantes áreas envidraçadas, desde as janelas às portas de entrada.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.

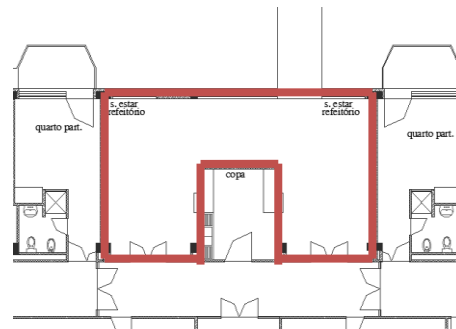
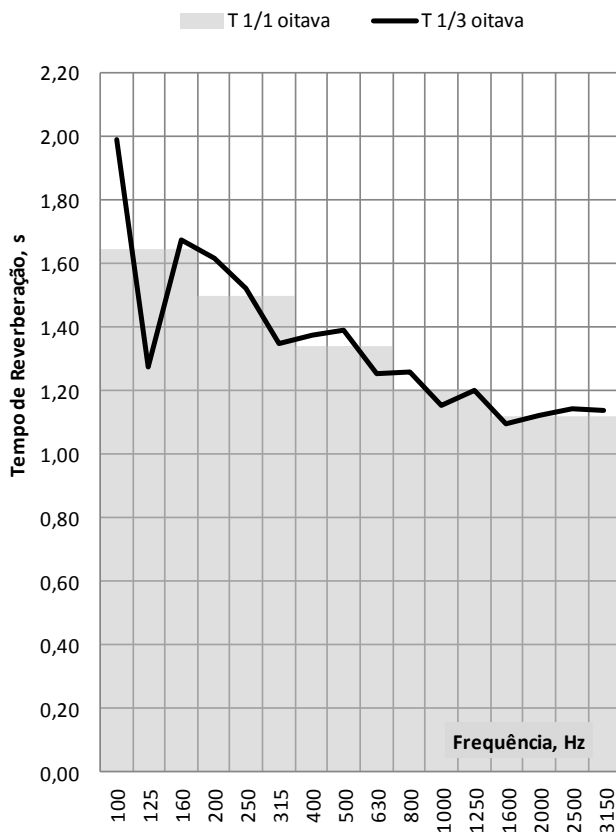


Fig.1 – Planta da zona em estudo (pisso 4)

Frequência Hz	T s (1/3 de oitava)	T s (1/1 de oitava)
50		
63		
80		
100	1,99	
125	1,27	1,65
160	1,68	
200	1,62	
250	1,52	1,50
315	1,35	
400	1,37	
500	1,39	1,35
630	1,26	
800	1,26	
1000	1,15	1,20
1250	1,20	
1600	1,10	
2000	1,12	1,12
2500	1,14	
3150	1,14	
4000		
5000		



$$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} (\text{RRAE}) = 1,22 \text{ s}$$

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Tempo de reverberação de acordo com a norma ISO 3382-2**Determinação do tempo de reverberação****Data do ensaio:** 10-04-2012**Compartimento recetor:** Sala de Convívio **Volume:** 102,3 m³**Equipamentos:** Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1;
Microfone, marca Gras, modelo MCE 212;**Fonte sonora:** Balão (estímulo pontual);Descrição e Observações:

O compartimento ensaiado situa-se no quarto piso do Hospital da Prelada, estando finalizado e em plena utilização. Encontra-se decorado com material permanente e apresenta uma área envidraçada considerável, quer seja devido às numerosas janelas, ou às portas de entrada.

No decorrer do ensaio o compartimento recetor encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram respeitadas as distâncias, número e duração das medições, presentes na norma.

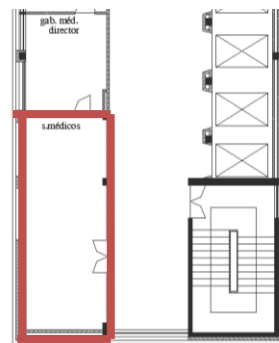
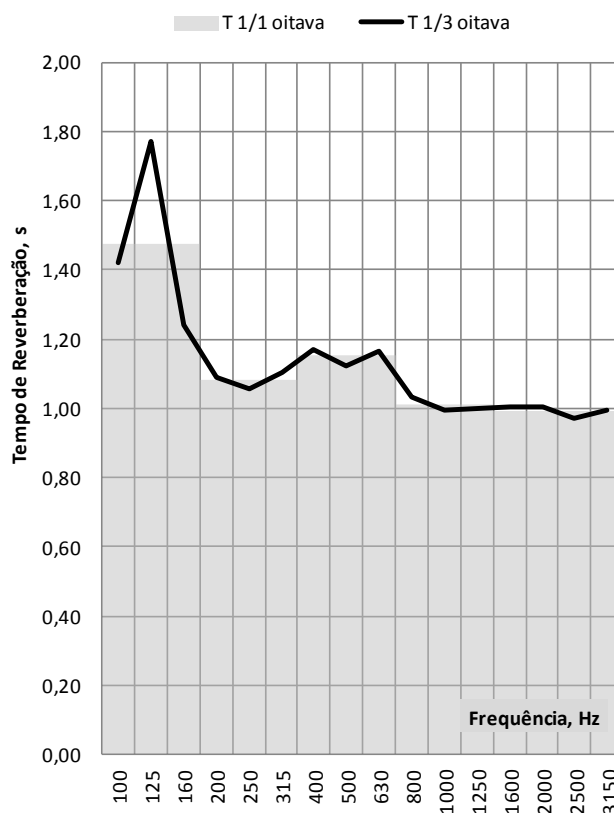


Fig.1 – Planta da zona em estudo (piso 4)

Frequência Hz	T s (1/3 de oitava)	T s (1/1 de oitava)
50		
63		
80		
100	1,42	
125	1,77	1,48
160	1,24	
200	1,09	
250	1,06	1,08
315	1,10	
400	1,17	
500	1,13	1,15
630	1,17	
800	1,04	
1000	1,00	1,01
1250	1,00	
1600	1,00	
2000	1,00	0,99
2500	0,97	
3150	1,00	
4000		
5000		



$$T_{500\text{Hz}-2\text{kHz}} (\text{RRAE}) = 1,05 \text{ s}$$

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Nível de avaliação de acordo com a norma NP EN ISO 16032 e o Decreto-Lei n.º 9/2007

Medição do nível sonoro de equipamentos de serviço em edifícios

Data do ensaio: 20-04-2012

Compartimento: Sala de Serviço Administrativo (open-space)

Equipamentos usados: Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212;

Equipamento medido: Aparelho de ventilação mecânica de funcionamento contínuo;

Descrição e Observações:

O compartimento estudado situa-se no piso zero do Hospital da Prelada, numa área de funções mais administrativas. Encontra-se finalizado, com mobiliário permanente e em total utilização. O espaço possui ainda um revestimento de teto perfurado com propriedades acústicas.

No decorrer do ensaio o compartimento encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas três posições de microfone, duas das quais junto da secretária de alguns dos trabalhadores. Foi respeitada a duração das medições presente na norma. O som em questão não apresenta componente tonal.

Frequência Hz	T s (1/1 de oitava)	Ruído de Fundo dB(A)
63	0,81	23,8
125	0,50	26,5
250	0,47	29,0
500	0,54	29,5
1000	0,50	28,7
2000	0,58	25,1
4000	0,59	19,9
8000	0,51	13,4

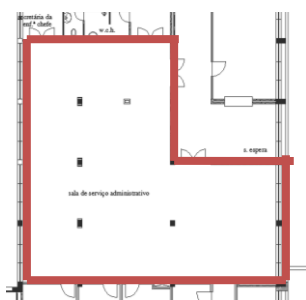


Fig.1 e 2 – Planta da zona em estudo (piso 0) e grelha de saída de ar

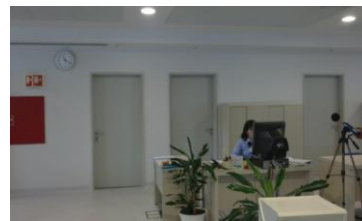
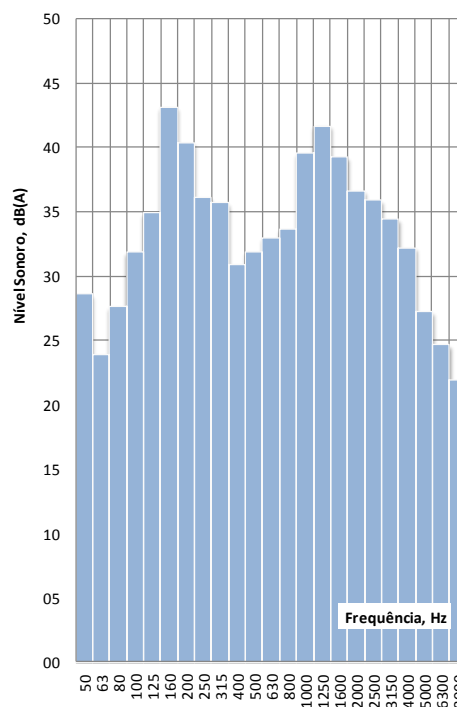


Fig.3 – Compartimento estudado (open-space)

$$L_{Ar,nT} = 49 \text{ dB(A)}$$

(cálculo efetuado recorrendo à norma NP EN ISO 16032 e ao Decreto-Lei n.º 9/2007)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Critério de incomodidade de acordo com a norma NP EN ISO 16032 e o Decreto-Lei n.º 9/2007**Medição do nível sonoro de equipamentos de serviço em edifícios****Data do ensaio:** 20-04-2012**Compartimento:** Sala de Consulta**Equipamentos usados:** Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212;**Equipamento medido:** Equipamento de climatização de funcionamento contínuo;Descrição e Observações:

O compartimento estudado situa-se no piso zero do Hospital da Prelada, numa área de consultórios médicos. Encontra-se finalizado, com mobiliário permanente e em total utilização. O equipamento estudado situa-se no exterior do edifício (piso -1), imediatamente abaixo da janela do referido consultório, e em frente às janelas da sala de hemodiálise (piso -1).

No decorrer do ensaio o compartimento encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas três posições de microfone e foi respeitada a duração das medições presente na norma. O som em questão apresenta componente tonal. A análise foi realizada apenas para o período diurno (7-20h).

Frequência Hz	T s (1/1 de oitava)	Ruído de Fundo dB(A)
63	1,98	26,2
125	1,18	29,6
250	1,21	36,1
500	1,18	39,6
1000	1,05	37,8
2000	0,91	34,2
4000	0,81	28,8
8000	0,67	21,7

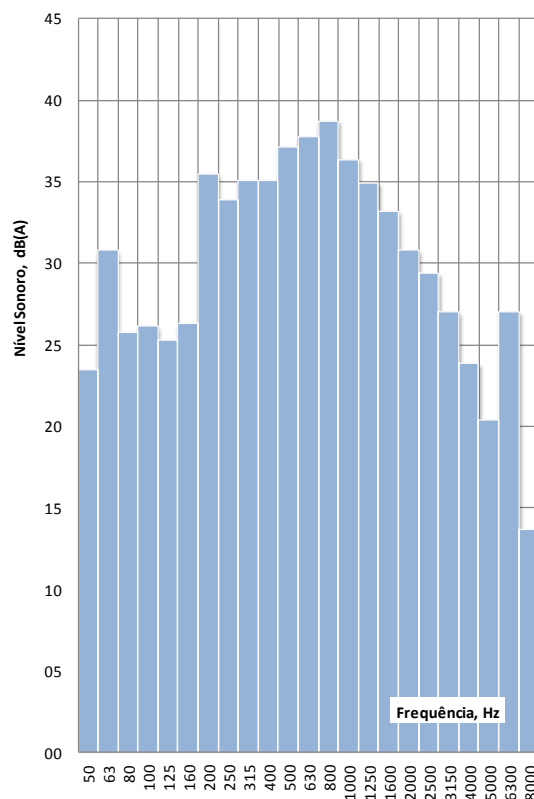
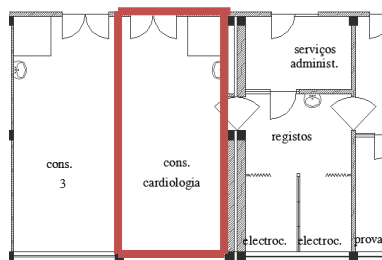
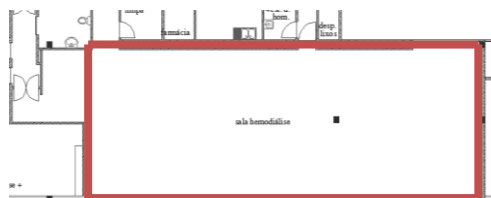


Fig.1, 2 e 3 – Planta da sala de consulta (piso 0) e da sala de hemodiálise (piso -1) e imagem do equipamento estudado

$$L_{Aeq, \text{ruído particular}} = 50 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq, \text{ruído residual}} = 44 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta L_{Aeq} = 6 \text{ dB(A)}$$

$$D = 0 \text{ dB(A)} \text{ e } q = 100\%$$

(cálculo efetuado recorrendo à norma NP EN ISO 16032 e ao Decreto-Lei n.º 9/2007)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Critério de incomodidade de acordo com a norma NP EN ISO 16032 e o Decreto-Lei n.º 9/2007**Medição do nível sonoro de equipamentos de serviço em edifícios****Data do ensaio:** 20-04-2012**Compartimento:** Quarto Particular**Equipamentos usados:** Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212;**Equipamento medido:** Gerador de emergência da Caterpillar de funcionamento intermitente;Descrição e Observações:

O compartimento estudado situa-se no terceiro piso da ala Poente do Hospital da Prelada. Encontra-se finalizado, mas sem mobiliário permanente, não estando em utilização. O gerador de emergência situa-se no piso -1 do referido hospital, sendo possível ver, a partir da varanda, o espaço onde este se encontra. Em frente ao gerador existe uma porta em grelha que permite a admissão de ar.

No decorrer do ensaio o compartimento encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas três posições de microfone e foi respeitada a duração das medições presente na norma. O som em questão apresenta componente tonal. A análise foi realizada apenas para o período diurno (7-20h).

Frequência Hz	T s (1/1 de oitava)	Ruído de Fundo dB(A)
63	2,03	16,3
125	2,34	23,8
250	2,30	29,2
500	1,47	30,0
1000	1,39	26,7
2000	1,25	23,5
4000	1,05	19,9
8000	0,92	9,4

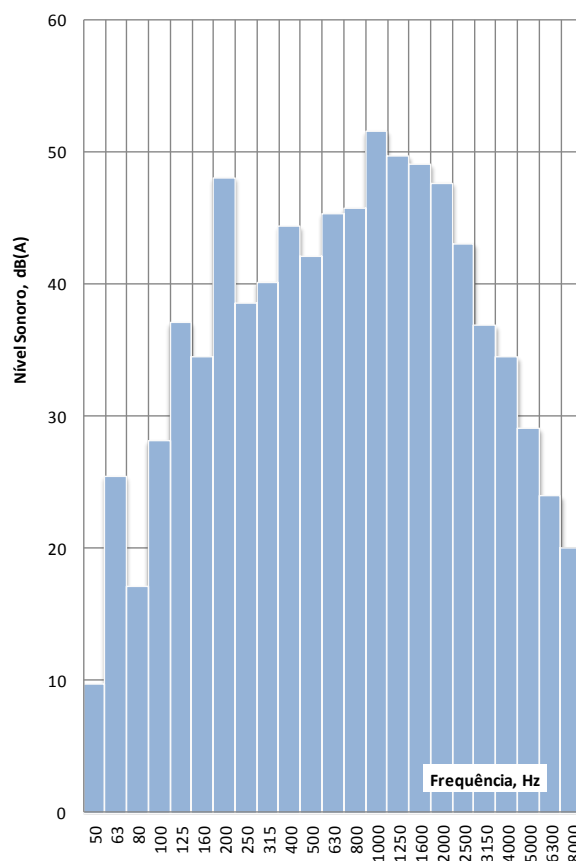
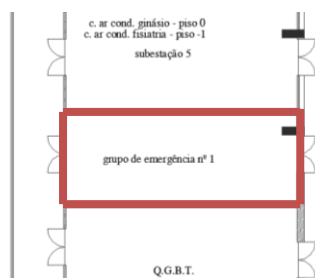
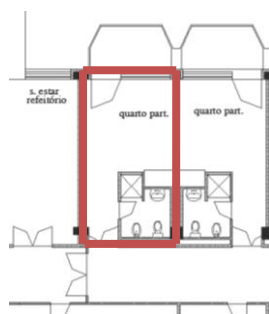


Fig.1, 2 e 3 – Planta da zona em estudo, planta da localização do equipamento e vista da varanda do quarto em estudo

$$L_{Aeq, \text{ruído particular}} = 61 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq, \text{ruído residual}} = 35 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta L_{Aeq} = 27 \text{ dB(A)}$$

$$D = 4 \text{ dB(A)} \text{ e } q = 2,56\%$$

(cálculo efetuado recorrendo à norma NP EN ISO 16032 e ao Decreto-Lei n.º 9/2007)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____

Critério de incomodidade de acordo com a norma NP EN ISO 16032 e o Decreto-Lei n.º 9/2007**Medição do nível sonoro de equipamentos de serviço em edifícios****Data do ensaio:** 20-04-2012**Compartimento:** Farmácia**Equipamentos usados:** Sonómetro, marca 01dB-Metravib, modelo Blue Solo1; Microfone, marca Gras, modelo MCE 212;**Equipamento medido:** Gerador de emergência da Caterpillar de funcionamento intermitente;**Descrição e Observações:**

O compartimento estudado situa-se no piso -1 do Hospital da Prelada. Encontra-se finalizado, com mobiliário permanente e em utilização. O gerador de emergência situa-se no mesmo piso, estando os dois espaços separados por dois corredores contíguos. Em frente ao gerador existe uma porta em grelha que permite a admissão de ar.

No decorrer do ensaio o compartimento encontrava-se vazio, exceto pela presença do operador dos equipamentos. Foram realizadas três posições de microfone e foi respeitada a duração das medições presente na norma. O som em questão apresenta componente tonal e impulsiva. A análise foi realizada apenas para o período diurno (7-20h).

Frequência Hz	T s (1/1 de oitava)	Ruído de Fundo dB(A)
63	0,62	23,1
125	0,45	33,3
250	0,42	38,5
500	0,39	41,8
1000	0,33	41,5
2000	0,35	39,5
4000	0,37	33,3
8000	0,33	23,9

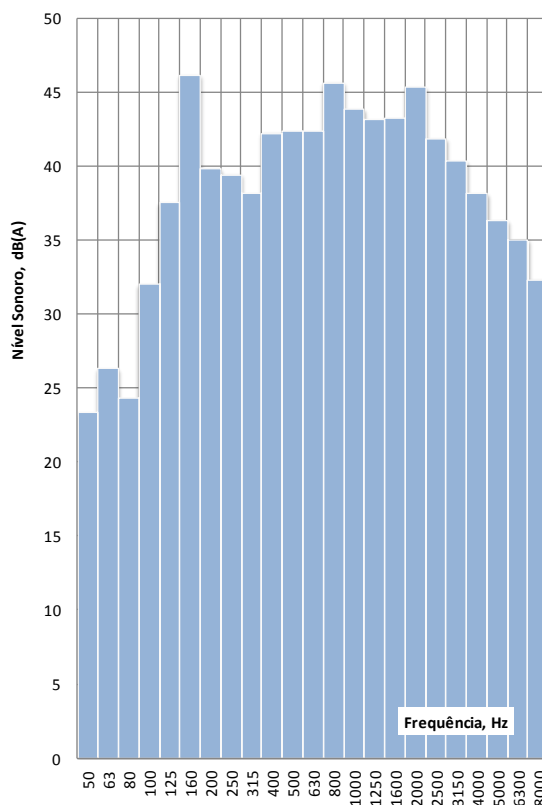
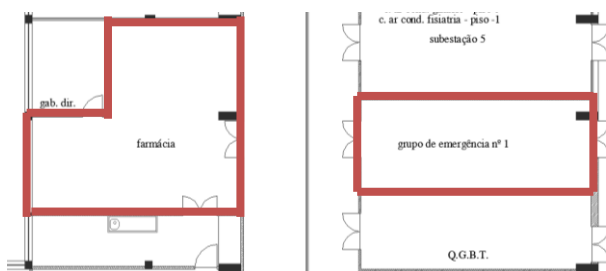


Fig.1 e 2 – Planta da localização do equipamento e da farmácia estudada e respetivo interior

$$L_{Aeq, \text{ruído particular}} = 56 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq, \text{ruído residual}} = 47 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta L_{Aeq} = 9 \text{ dB(A)}$$

$$D = 4 \text{ dB(A)} \text{ e } q = 2,56\%$$

(cálculo efetuado recorrendo à norma NP EN ISO 16032 e ao Decreto-Lei n.º 9/2007)

Autora: Joana Miranda _____

Responsável: Eduardo Afonso _____