



Comportamento acústico de pavimentos em edifícios antigos

PEDRO MANUEL DOS SANTOS FREITAS SAMPAIO

novembro de 2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Civil

Comportamento acústico de pavimentos em edifícios antigos

Pedro Manuel dos Santos Freitas Sampaio – 1110320

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em

Engenharia Civil — Ramo de Construções

Empresa: João Moreira & Filhos, Lda.

Orientador: Eng.º Duarte Lopes

Supervisor: Eng.º João Moreira



Porto

Outubro de 2016



JOÃO MOREIRA & FILHOS
CARPINTARIA

Comportamento acústico de pavimentos em edifícios antigos

Pedro Manuel dos Santos Freitas Sampaio – 1110320

Porto

Outubro de 2016

ÍNDICE GERAL

Resumo	vii
Palavras-chave:	vii
Abstract	ix
Keywords:	ix
Agradecimentos	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xvii
1 Introdução	1
2 Estado da arte	3
2.1 Fundamentos teóricos	3
2.1.1 Ruído	3
2.1.2 Legislação acústica existente	6
2.1.3 Aplicação da legislação da acústica em edifícios antigos	14
2.1.4 Regulamento dos requisitos acústicos em edifícios (RRAE, 2008)	14
2.1.5 Regulamento geral do ruído (RGR, 2007)	15
2.1.6 Caracterização do som	17
2.1.7 Métodos de dimensionamento/estimativa acústico teórico	23
2.1.7.1 Método de Sharp	24
2.1.7.1.1 Aplicação do método de Sharp a elementos simples	25
2.1.7.1.1.1 Caso – Parede de fachada (PE01)	27

2.1.7.1.1.2	Caso – Parede interior (PI02)	32
2.1.7.1.2	Aplicação a elementos duplos.....	35
2.1.7.2	Método de Meisser	39
2.1.7.2.1	Limitações, método de Meisser	39
2.1.7.3	Método da Norma NP EN 12354-2:2000.....	43
3	Caso de Estudo	49
3.1	Apresentação do edifício estudado	49
3.2	Ensaio acústicos – Sonometria.....	53
3.2.1	Equipamentos utilizados	53
3.2.2	Ensaio acústicos segundo a norma NP EN ISO 140-4/7	57
3.3	Soluções construtivas analisadas.....	59
4	Resultados.....	61
4.1	Ensaio, in situ	61
4.2	Aplicação dos modelos teóricos de estimativa	63
4.2.1	Aplicação da lei da Massa.....	63
4.2.2	Aplicação do Método de Sharp, pavimento tipo 1	64
4.2.3	Método de Meisser, pavimento tipo 1	74
4.2.4	Método da Norma 12354-6, pavimento tipo 1	80
4.3	Síntese dos resultados obtidos	83
4.4	Discussão de resultados	86
5	Conclusões	93
	Referências Bibliográficas	95
	Anexos	97

RESUMO

Reabilitação de edifícios antigos em centros históricos é a maior fatia que o mercado da construção hoje em dia trabalha e a falta de informação sobre os constituintes deste tipo de construção, torna este tema atual e de interesse nacional. A temática do desempenho acústico é disso exemplo e foi abordado neste trabalho de estágio.

A reabilitação surge como mais-valia económica, patrimonial e ecológica para a sociedade. Ainda assim existem casos de reabilitações profundas em que é feita a total substituição de alguns elementos construtivos. A razão principal, quase sempre é, para se verificarem as condições de hoje em dia exigidas pela legislação atual. Por exemplo, o conforto e salubridade que não existiam a data da construção do edifício.

Num regime de estágio, estuda-se/apresenta-se o comportamento acústico de duas soluções leves de pavimento aplicadas num edifício em Lisboa pela empresa João Moreira e Filhos, responsável pelo estágio. Foram elaborados ensaios acústicos *in situ* e determinados os valores para o desempenho a sons aéreos e de percussão. Para as mesmas soluções compara-se posteriormente com os valores calculados através dos métodos de estimativa *Sharp* e *Meisser* e da norma NP EN 12354 – 2:2000.

Os resultados obtidos pelos ensaios das soluções estudadas verificam os valores regulamentares. As soluções construtivas leves usadas/materializadas neste pavimento apresentaram-se como sendo soluções bastante adequadas para as exigências de conforto acústico.

A diferença dos valores de isolamento a sons aéreos obtido pela estimativa do método de Sharp com o valor *in situ* ensaiado foi de 5 e 1 dB, para o pavimento tipo 1 e 2 respetivamente. Esta discrepância, que se considera aceitável, pode também considerar o método de Sharp como fidedigno como estimativo de soluções leves. Quanto aos valores obtidos para isolamento a sons de percussão pelo método da norma NP EN 12354-2 é que não podem ser considerados como valores fidedignos para utilização no dimensionamento/estimativa de soluções acústicas em pavimentos leves.

PALAVRAS-CHAVE: Acústica, Reabilitação, Pavimentos, Carpintaria, Construção.

ABSTRACT

Nowadays, restoring and transforming historic buildings, across the cities, is the main core business percentage of the civil construction market. The lack of information about the type of materials in this type of construction makes this subject an attraction with and of national interest.

Building rehabilitation comes as advantage for the economic system as well as for the real state and the ecological balance. However, there is still cases of deep transformations where is made a total replacement of some constructive elements to accomplish the conditions required of today's according to the standards/current law, people comfort and hygiene, that did not exist at the first construction.

The aim of this review, in a professional internship, is to study the acoustic behaviour of two different flooring solutions, applied in a Lisbon building, by the company *João Moreira e Filhos*, responsible for the internship. Acoustic tests were developed in situ to obtain certain values of air sounds (airborne) and percussion (impact sound). Later, they are going to be compared with the values calculated by the methods of *Sharp* and *Meisser*, for air and drum sounds by the standard NP EN 12354 – 2:2000. The main goal is to check the suitability of the previous theoretical models to the real behavior of the innovative solutions.

The results show that the studied solutions prove the regulatory values. It has been fulfilled the limits established before with safety rules, resulting on quite adequate solutions to the acoustic comfort requirements of nowadays construction.

The air sounds values of isolation obtained by Sharp's method can be considered reliable because there is a variance with the value in situ which is considered acceptable. The values obtained by isolating the percussion sounds with the method NP EN 12354-2 can not be considered as reliable values to use in the sizing of acoustic solutions in light floor wood.

KEYWORDS: acoustics, rehabilitation, flooring, woodwork, construction.

AGRADECIMENTOS

Terminado o meu percurso no Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Construções com a conclusão deste Relatório de Estágio, gostaria de agradecer a todos os que contribuíram para a sua realização:

Ao orientador, Eng.º Duarte Barroso, pela sólida orientação no caminho a seguir, total disponibilidade e confiança que depositou em mim dando um apoio motivacional essencial para o sucesso do relatório desenvolvido.

Ao supervisor e gerente da Empresa onde se desenvolveu o estágio, Eng.º João Moreira. Por permitir que o estágio se desenvolvesse na sua empresa, disponibilidade total no fornecimento de informação essencial para o sucesso das conclusões retiradas no relatório e enriquecimento pessoal sobre outras áreas essenciais para o eu futuro profissional.

Aos meus pais, que fizeram com o que o sonho se tornasse realidade. Reconheço todo o esforço que tiveram ao longo destes anos de formação académica, sendo este relatório/graduação o meu maior agradecimento por tudo o que fizeram por mim.

Por fim agradeço a todos os meus amigos e colegas de curso pela força que me deram nos momentos mais complicados e motivaram para não desistir desta última etapa.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Modos de propagação de ruídos aéreos (esquerda) e de percussão (direita) (Silva, 2015) ..	4
Figura 2 – Tabela de identificação do valor do índice D (RGR, 2007)	8
Figura 3 – Valores regulamentares dos índices acústicos para elementos construtivos de edifícios novos (RRAE, 2008)	13
Figura 4 – Pressão sonora e níveis de pressão sonora (Silva, 2015)	19
Figura 5- Sonómetros digitais (Silva, 2015)	20
Figura 6- Curva de ponderação A, B, C e D (Silva, 2015)	21
Figura 7- Valores numéricos da <i>Curva de ponderação A</i> (Silva, 2015)	22
Figura 8 - Método de Sharp para elementos construtivos simples (Silva, 2015)	25
Figura 9 – Cálculo da redução sonora de parede de fachada, PE01 (Rocha, 2015).....	28
Figura 10 – Velocidades de propagação do som em vários meios/materiais (Almeida, 2009)	29
Figura 11 – Lei da Massa (Silva, 1978)	32
Figura 12 – Cálculo da redução sonora de parede interior PI02 (Rocha, 2014)	33
Figura 13 – Método de Sharp para elementos construtivos duplos (Silva, 2015)	35
Figura 14 – Aplicação gráfica do método de Meisser numa parede dupla (Costa, 2008).	39
Figura 15 – Representação dos pontos para formação do método gráfico de Meisser (Rocha, 2014). ..	42
Figura 16 – Método gráfico para o cálculo de ΔL_w (Silva, 2015).....	45
Figura 17 - Determinação do valor de correção para as transmissões marginais (Silva, 2015).	46
Figura 18 – Alçados do edifício estudado. (a) Alçado Rua da Misericórdia; (b) Alçado Rua das Gáveas	49
Figura 19 – Planta Piso 4 – Fracção C local de ensaio E4	50

Figura 20 – Planta Piso 2 – Fração A local de ensaio E6	51
Figura 21 – Sonómetro - Marca Solo 01 dB - Modelo Solo Premium	54
Figura 22 – Máquina de Percussão - Marca Brüel & Kjaer - Modelo 3207	54
Figura 23 – Fonte Sonora – Marca Brüel & Kjaer - Modelo OmniPower 4292.....	55
Figura 24 – Amplificador – Marca Norsonic - Modelo NOR280	56
Figura 25 - Medições <i>in situ</i> , tempo de reverberação (a) mudança de posição do sonómetro (b) rebentamento balão.	57
Figura 26 – Medições <i>in situ</i> , ensaio aos sons aéreos e de percussão (a) mudança de posição da fonte sonora; (b) mudança de posição da máquina de percussão.	58
Figura 27 – Pavimento tipo 1, avaliado.....	59
Figura 28 – Pavimento tipo 2, avaliado.....	60
Figura 29 – Solução construtiva/pormenor cotado do pavimento tipo 1 (de cima para baixo com a legenda: 2 cm de Soalho flutuante de Riga; 2,2 cm de OSB 3; 20 cm de estrutura de pinho tratado; 8 cm de lã de rocha 100 kg/m ³ ; 5 cm de caixa de ar e 1,25 cm de Gesso cartonado)	66
Figura 30 – Pavimento tipo 1, a) orientação das vigas do 4º Piso, b) planta esquemática do piso	67
Figura 31 – Pavimento tipo 1, planta da Sala 4C	68
Figura 32 – Aplicação do método gráfico de Sharp ao pavimento tipo 1	70
Figura 33 – Representação da curva final do método gráfico de Sharp com a curva de referência CR e o valor da <i>R_w</i> (índice de redução sonora)	73
Figura 34 – Método gráfico de Meisser aplicado ao pavimento tipo 1	76
Figura 35 – Representação da curva final do método gráfico de Meisser com a curva de referência CR e o valor da <i>R_w</i> (índice de redução sonora)	79
Figura 36 – Resultados obtidos pelo pavimento considerando o método gráfico de Meisser – Edifício Caso B – PV01 (Rocha, 2014)	87
Figura 37 – Resultados obtidos pelo pavimento seguindo medições considerando o método de Meisser – Edifício Caso B – PV02 (Rocha, 2014)	88
Figura 38 – Resultados obtidos para sons de percussão – Edifício Caso B – PV01, Rocha (2014).....	89

Figura 39 – Resultados obtidos para sons de percussão – Edifício Caso B – PV02, Rocha (2014).....	90
Figura 40 – Resultados obtidos para sons de aéreos e de percussão para pavimentos estudados (Mateus, 2009)	91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicação da Lei da Massa na parede PE01.....	31
Tabela 2 - Aplicação da Lei da Massa na PI02	34
Tabela 3 - Exemplos de níveis de redução do som de percussão do revestimento de piso (Almeida, 2009).	44
Tabela 4 - Volumes dos compartimentos ensaiados (Relatório Sonometria).....	52
Tabela 5 – Parâmetro $D_{nT,W}$: Índice de isolamento sonoro padronizado a sons de condução aérea; e Parâmetro $L'_{nT,W}$: Nível sonoro de percussão, padronizado.	61
Tabela 6 – Parâmetro $D_{nT,W}$: Índice de isolamento sonoro padronizado a sons de condução aérea e Parâmetro $L'_{nT,W}$: Nível sonoro de percussão, padronizado.	62
Tabela 7 – Aplicação da Lei da Massa, aplicada ao pavimento tipo 1	63
Tabela 8 – Redução sonora para o pavimento tipo 1 e 2, aplicando a Lei da Massa	64
Tabela 9 – Características dos elementos constituintes do pavimento soalho flutuante	64
Tabela 10 – Cálculo da frequência crítica do primeiro e segundo elemento do pavimento dispostos antes e depois do material absorvente.....	65
Tabela 11 – Ordenadas e Abcissas para método de Sharp (gráfico)	69
Tabela 12 – Valores de redução sonora pelo método Sharp, pavimento tipo 1	71
Tabela 13 – Tabela de definição de curva de referência (CR) em que f (frequência), R (Redução sonora), ΔCR (variação curva de redução) e $\Sigma \Delta CR$ (somatório dos afastamentos positivos)	72
Tabela 14 – Parâmetros de cálculo a expressão de R_{500}	74
Tabela 15 – Ordenadas e Abcissas para o método de Meisser (gráfico)	75
Tabela 16 – Valores de redução sonora pelo método Meisser	77

Tabela 17 – Definição de curva de referência (CR) em que f (frequência), R (Redução sonora), ΔCR (variação curva de redução) e $\Sigma \Delta CR$ (somatório dos afastamentos positivos)	78
Tabela 18 – Parâmetros para o cálculo pelo método simplificado da norma EN 12354-2 pavimento tipo 1	80
Tabela 19 – Valores de $L_{n,w,eq}$ (nível de pressão sonora equivalente do som de percussão) e $L'_{n,w}$ (índice de isolamento sonoro a sons de percussão) dos pavimentos Tipo 1 e 2.....	82
Tabela 20 – Valores de redução sonora pelos métodos gráficos, Sharp e Meisser	83
Tabela 21 – Valores de $D_{nT,w}$ teórico nos pavimentos Tipo 1 e 2	84
Tabela 22 – Valores de $L'_{n,w}$ (índice de isolamento a sons de percussão) e $L'_{nt,w}$ (índice único de isolamento a sons de percussão) do pavimento do Tipo 1 e 2	85
Tabela 23 – Valores D'_{ntw} e L'_{nTw} medidos <i>in situ</i> e calculados/estimados pelos modelos teóricos	85

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho desenvolveu-se em regime de estágio numa parceria entre o ISEP e a Carpintaria João Moreira & Filhos, Lda (JMF).

A JMF é uma empresa sediada no Marco de Canavezes, com início de atividade na especialidade de carpintaria em 30 de Maio de 1985, com cerca de 13 funcionários e uma faturação anual a rondar o milhão de euros. Neste momento tem como principal fonte de negócio a reabilitação de edifícios na zona histórica de Lisboa.

O edifício escolhido para este trabalho, localiza-se em Lisboa entre a Rua da Misericórdia e a Rua das Gáveas. Foi uma obra de reabilitação integral adjudicada à empresa HCl construções, em que a JMF foi subcontratada para a especialidade de carpintaria. Fez-se a reabilitação de toda a estrutura, criou-se a estrutura nova para a caixa do elevador e aumentou-se um piso ao edifício existente, assim como colocação de portas, aros, rodapés, escadas e soalho. Teve duração de 8 meses e um valor total de 750.000 euros de carpintaria.

O estudo desenvolvido neste trabalho focaliza-se na apresentação e comparação de métodos teóricos de dimensionamento de soluções acústicas para pavimentos leves, comparando com os valores ensaiados *in situ*.

É um tema da atualidade, pois o conforto acústico é cada vez mais uma preocupação dos habitantes nos edifícios e um dos maiores problemas para resolver em pavimentos leves, devido à falta de massa dos seus constituintes.

Assim surgiu o interesse de desenvolver um trabalho que explorasse os métodos teóricos de estimativa de isolamento acústico a sons aéreos e de percussão existentes, e que os compara-se com os valores reais, por forma a dar ao leitor conhecimento suficiente para decidir qual usar e como usar.

Dedicou-se bastante espaço deste trabalho aos métodos e a forma como são aplicados pois sentiu-se que faltava uma base prática bem definida com todos os processos de cálculo, passo a passo, para um melhor entendimento e diminuição de falhas na sua aplicação.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1.1 Ruído

A evolução da civilização trouxe novos desafios à construção, reconstrução e reabilitação de edifícios.

Três conceitos diferentes mas com várias preocupações em comum, sendo uma delas o comportamento acústico.

Comportamento acústico encontra-se intimamente ligado ao conforto acústico. Sendo este, a capacidade do edifício para proporcionar aos seus utilizadores uma utilização de forma o mais agradável possível para o fim a que se destina, seja comercial ou habitacional.

Sons provenientes do funcionamento do café vizinho, ou da oficina em frente, afetam a concentração e produtividade de alguém que está a trabalhar num escritório nesse mesmo edifício. O mesmo se passa nas habitações, com sons produzidos nas frações vizinhas, ou o funcionamento de discotecas condicionam o descanso e privacidade dos utilizadores, acabando por afetar a sua saúde também.

Assim, para criar soluções para este problema é necessário conhecer o principal responsável, o Ruído.

O Ruído é um estímulo sonoro desagradável ou sem qualquer tipo de informação para o ouvinte, enquanto o “som” é provido de informação e agradável ao ouvinte. Por isso, um “ruído” depende da pessoa que o recebe, do seu estado de espírito ou mesmo do local. Como vimos anteriormente, os sons produzidos numa discoteca são “sons” para os clientes e “ruído” para os moradores que pretendem dormir (Freitas, 2012).

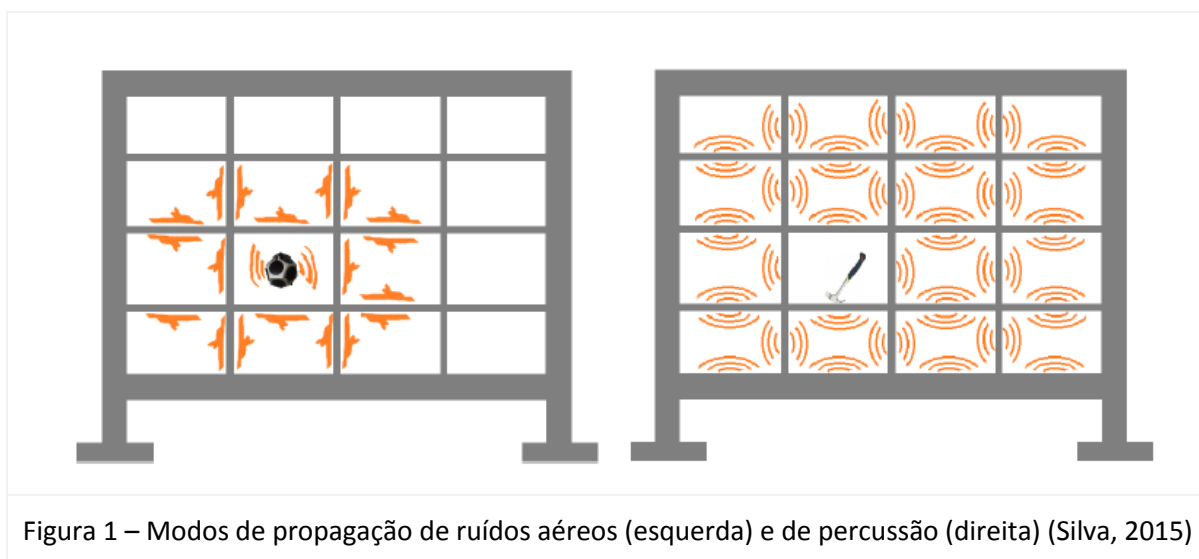
Assim é essencial dividir os ruídos produzidos em dois tipos:

“Ruídos de condução aérea, em que a transmissão é feita unicamente por vibração do ar sem contacto direto do estímulo original com a estrutura. São por exemplo os ruídos de vozes, de tráfego rodoviário, etc.

Ruídos de percussão, em que há solicitação mecânica direta da fonte de irradiação sobre os elementos de construção. São por exemplo os ruídos de passos num pavimento superior, o bater de portas ou arrastar de móveis, etc.” (Freitas, 2012).

Faz-se a divisão dos ruídos pela forma como se transmitem e propagam no meio, isto porque, uma vez que se está a estudar o comportamento acústico dos edifícios, a forma mais eficaz de atenuar ou eliminar este, será, atuar sobre o seu modo de propagação e transmissão.

Em geral os ruídos de percussão propagam-se a maiores distâncias da origem que os ruídos aéreos, devido à rigidez das ligações existentes ao longo do edifício (Figura 1).



As soluções adotadas para minimizar a propagação do ruído de condução aérea passa pelo aumento da massa dos elementos divisórios (paredes e pavimentos), utilização de materiais absorventes, ou pela duplicação de paramentos (paredes duplas, forras ligeiras, tetos falsos).

O ruído de percussão é minimizado pela aplicação de elementos que evitem a propagação da excitação criada nos elementos estruturais. Assim a utilização de lajes flutuantes, mantas acústicas em pavimentos ou vedação de borracha em portas, são soluções para perturbar o meio de propagação deste ruído que minimizam a sua ação.

Estes conceitos aplicam-se tanto em construções novas como em reabilitação do património edificado. Na reabilitação de edifícios antigos têm-se a preocupação em “reabilitar” as condições acústicas do

mesmo, ou pelo menos devia, podendo a palavra “reabilitar” ter duas interpretações segundo Freitas (2012).

“- Tornar o edifício de acordo com a legislação atual;

- Tornar o edifício compatível com critérios mais exigentes de conforto dos seus novos ocupantes.”

O tratamento acústico de um edifício pode ser feito de acordo com dois tipos de abordagem: curativa ou preventiva. Um tratamento curativo restringe-se a identificar o problema, desenvolver uma solução e resolver. Ao passo que o preventivo, soluciona o problema mas numa perspetiva mais alargada. Sendo o tipo mais utilizado nos trabalhos de reabilitação seja de edifícios inteiros ou partes.

Quanto às principais exigências que um edifício tem de cumprir no domínio da acústica, estas são organizadas em quatro grupos, de acordo com Freitas (2012)

“- Isolamento sonoro entre o exterior dos edifícios (emissão) e o seu interior (recepção);

- Isolamento sonoro entre espaços no interior dos edifícios;

- Isolamento a ruídos de condução aérea;

- Isolamento a ruídos de percussão;

- Propagação do som no interior de espaços fechados dos edifícios (condicionamento acústico interior);

- Limitação do ruído associado ao funcionamento de equipamentos coletivos dos edifícios:

- Ruído propagado para espaços no interior dos edifícios;

- Ruído propagado para o exterior.”

Desta feita, a presença de um especialista em acústica de edifícios, desde a elaboração do diagnóstico de anomalias até à execução da obra, é essencial. Pois garante a execução das soluções previstas, o que permite obter resultados de comportamentos acústicos dos edifícios dentro das expectativas exigidas.

2.1.2 Legislação acústica existente

Em termos legais o edifício que serviu de base para o estudo acústico a desenvolver tem de cumprir vários critérios para o controlo do seu comportamento acústico, presentes em dois Regulamentos: O Regulamento Geral do Ruído (RGR, 2007) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE, 2008).

O RGR está definido no Decreto-Lei nº09/2007 de 17 de Janeiro (Retificado pela Declaração de retificação nº18/2007, de 16 de Março e alterado pelo Decreto-Lei nº28/2007, de 1 de Agosto) está orientado no sentido da “(...) prevenção e controlo da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações.” (RGR, 2007).

Estabelece os limites de emissão de ruído para a envolvente exterior, que criem aumento de ruído e incomodidade sonora aos edifícios envolventes com o seu funcionamento.

No seu art.º 3 faz a diferenciação do que é atividade ruidosa permanente e variável, por forma a estabelecer limite à mesma.

Assim:

“a) «Actividade ruidosa permanente» é a actividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;

b) «Actividade ruidosa temporária» é a actividade que, não constituindo um acto isolado, tenha carácter não permanente e que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído tais como obras de construção civil, competições desportivas, espectáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados;” (RGR, 2007).

Para o estudo do edifício aplicam-se as atividade ruidosas permanentes. Assim é necessário conhecer os critérios presentes no regulamento que limitam o ruído produzido por estas atividades.

No artigo 13.º Alínea 1 b) estabelece-se o limite máximo para o valor de acréscimo de ruído que as atividades ruidosas permanentes dos seus ocupantes emitem para a envolvente, excluindo o ruído de

vizinhança. Não sendo permitida a emissão sonora para o exterior de um valor entre 3 a 9 dB acima do ruído existente no local (Freitas, 2012).

Transcrevendo o Regulamento temos:

“b) Ao cumprimento do critério de incomodidade, considerado como a diferença entre o valor do indicador LAeq do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da actividade ou actividades em avaliação e o valor do indicador LAeq do ruído residual, diferença que não pode exceder 5 dB (A) no período diurno, 4 dB (A) no período do entardecer e 3 dB (A) no período nocturno, nos termos do anexo I ao presente Regulamento, do qual faz parte integrante.” (RGR, 2007).

No anexo I estão presentes correções acústicas consoante a localização do edifício em relação á sua envolvente. Características tonais ou impulsivas na propagação do ruído indesejado, recebem penalizações de 3dB cada, no caso de emergências que supostamente produzem um ruído bastante incomodativo e perturbador, recebe uma bonificação de 4 dB face ao ruído de fundo.

Matematicamente traduz-se numa fórmula que nos permite verificar o cumprimento do critério de incomodidade aplicável às diferentes alturas do dia.

$$(L_{Aeq \text{ ruído particular}} + K_{\text{tonal}} + K_{\text{impulsivo}}) - L_{Aeq \text{ ruído residual}} \leq 3 (4 \text{ ou } 5) + D \quad (1)$$

No nº 3 do anexo I define D como, “ (...) O valor D é determinado em função da relação percentual entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência.”

Sendo, em alguns casos, obtido pela Figura 2:

Valor da relação percentual (q) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência	D em dB(A)
$q \leq 12,5\%$	4
$12,5\% < q \leq 25\%$	3
$25\% < q \leq 50\%$	2
$50\% < q \leq 75\%$	1
$q > 75\%$	0

Figura 2 – Tabela de identificação do valor do índice D (RGR, 2007)

Quanto às constantes K_{tonal} e $K_{\text{impulsivo}}$ estas referem-se às penalizações a aplicar ao ruído perturbador.

$K_{\text{tonal}} = 3$ dB se for detetado que a componente tonal faz parte do ruído particular caso contrário o valor é de 0 dB. Segundo o RGR para apurar “ (...) as características tonais dentro do intervalo de tempo de avaliação, consiste em verificar, no espectro de um terço de oitava, se o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB (A) ou mais, caso em que o ruído deve ser considerado tonal.” (RGR, 2007).

As condições para ser aplicado a componente impulsiva com valor $K_{\text{impulsivo}} = 3$ dB são as mesmas da componente tonal. O seu apuramento “ (...) consiste em determinar a diferença entre o nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq} , medido em simultâneo com característica impulsiva e fast. Se esta diferença for superior a 6 dB (A), o ruído deve ser considerado impulsivo.” (RGR, 2007).

Estas componentes são aplicadas com a condição, presente no art.º 13º ponto 5 do RGR, de L_{Aeq} ruído particular ser superior a 27 dB, no interior, e 45 dB, para o exterior.

Ainda no art.º 13º está presente que não é permitido atividades ruidosas permanentes em zonas sensíveis, exceto aquelas que cumpram os valores presentes no art.º 11º e o critério de incomodidade anteriormente descrito.

Assim, no art.º 11º estão presentes os valores limite para o indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}) e o indicador de ruído noturno (L_n), consoante a Zona de implantação seja sensível ou mista.

No RGR art.º 3º define cada Zona como:

“v) «Zona mista» a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afectada a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;

x) «Zona sensível» a 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).

Quanto aos limites de exposição ao ruído, as zonas mistas não devem ser expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB expresso pelo indicador L_{den} e a 55 dB expresso pelo indicador L_n . Zonas sensíveis não devem ser expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB expresso pelo indicador L_{den} e a 45 dB expresso pelo indicador L_n (Freitas, 2012).

Zonas sensíveis com grandes infraestruturas de transportes nas proximidades têm limites de exposição ao ruído iguais às zonas mistas, no caso de zonas ainda não classificadas segundo o plano municipal de ordenamento do território, têm de cumprir os limites de 63 dB para o indicador L_{den} e a 55 dB expresso pelo indicador L_n (Freitas, 2012).

Quanto a edifícios localizados nos centros históricos das cidades, estes têm uma beneficiação presente no ponto 5 do art.º 11º. Sendo que “Os municípios podem estabelecer, em espaços delimitados de zonas sensíveis ou mistas, designadamente em centros históricos, valores inferiores em 5 dB (A) (...)” aos anteriormente referidos para cada zona (Freitas, 2012).

Assim se finaliza a apresentação do Regulamento Geral do Ruído e passa-se á apresentação do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). Segundo o art.º 12º ponto 3 do RGR refere que “Ao projecto acústico, também designado por projecto de condicionamento acústico, aplica-se o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio.”. Alterado em 9 de Junho pelo Decreto-Lei n.º 96/2008 e o seu anexo RRAE passam a estabelecer as exigências técnicas que iram proporcionar melhorias na qualidade acústica e regular o conforto acústico dos edifícios.

Como referido anteriormente o RRAE define índices de isolamento sonoro para os diferentes elementos divisórios presente num edifício, com diferentes exigências consoante o fim do edifício. Não obstante, um mesmo edifício pode conter habitação e comercio em simultâneo, tendo assim de verificar diferentes limites para os índices de isolamento sonoro para os elementos construtivos que separam os diferentes ambientes.

Assim sendo o art.º 2º do RRAE define os seguintes índices:

$D_{2m,nt}$ (dB) - Índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea padronizado, com o exterior. Sendo aplicável em fachadas, empenas e cobertura.

O seu método de cálculo é descrito como a “(...) diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2 m da fachada do edifício ($L_{1,2m}$), e o nível médio de pressão sonora medido no local de receção (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor:

$$D_{2m,nt} = L_{1,2m} - L_2 - 10 \cdot \log T / T_0 \text{ dB} \quad (2)$$

Onde: **T** é o tempo de reverberação do compartimento recetor, em segundos; **T₀** é o tempo de reverberação de referência, em segundos; para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis, **T₀=0,5 s**; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projeto, o valor de referência a considerar será o respetivo tempo de dimensionamento;” (RRAE, 2008)

D_{nt} (dB) - Índice de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea padronizado. Sendo aplicável em elementos de separação vertical e horizontal.

O seu método de cálculo é descrito como a “ (...) diferença entre o nível médio de pressão sonora medido no compartimento emissor (L_1) produzido por uma ou mais fontes sonoras, e o nível médio de pressão sonora medido no compartimento recetor (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor: (RRAE, 2008)

$$D_{nt} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log T / T_0 \text{ dB} \quad (3)$$

L’_{nt} (dB) - Nível sonoro de percussão padronizado. Sendo aplicável em elementos de separação horizontal.

Para se obter o nível sonoro de percussão entre compartimentos é necessário obter o “ (...) nível sonoro médio (L_i) medido no compartimento recetor, proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor:” (RRAE, 2008)

$$L'_{nt} = L_i - 10 \cdot \log T / T_0 \text{ dB} \quad (4)$$

L_{ar,nt} (dB) - Nível de avaliação padronizado do ruído particular de equipamentos. Sendo aplicável para equipamentos coletivos como elevadores, ventilação mecânica coletiva, grupos hidropressores, etc.

Este é definido como “ (...) o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, adicionado das correcções devidas às características tonais e impulsivas do som;” (RRAE, 2008).

T (dB) - Tempo de reverberação. Aplicável no interior dos compartimentos.

Este é definido como “ (...) *intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésio do seu valor inicial.*” (RRAE, 2008)

Está presente no RRAE um fator “*l*” denominado de fator de Incerteza aplicável aos valores medidos *in situ*, sendo somado ou subtraído consoante o índice que está a influenciar. Assim, para os $L'_{nt,w}$ e $L_{ar,nt}$ “*l*” toma valores de -3 dB, para os $D_{nt,w}$ e $D_{2m,nt,w}$ tem valores de +3 dB e por fim para o **T** “*l*” é igual a -25% (do limite regulamentar). Para auditórios com volume maior que 250 m³ ou 9000 m³ toma valores de -35% e +40% respetivamente (Freitas, 2012).

Os diferentes parâmetros têm índices coincidentes e outros que diferem entre eles, por forma a tornar a identificação dos diferentes parâmetros mais simples. A definição de cada um é a seguinte:

nT - Padronizado (para um tempo de reverberação de referência no compartimento recetor igual a 0,5 s);

w – Weighted (indica o algoritmo de ajuste da curva de referência da norma NP EN ISSO 717);

' – Indica a existência de transmissões marginais em medições *in situ*;

2m – Medido a 2 metros no exterior (do elemento em contacto com o exterior).

O edifício que serve de base para a presente dissertação é um edifício que faz parte do tipo de edifícios denominados pelo RRAE como habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras. Os limites legais presentes no regulamento estão descritos no art.º 5, que está resumido na Figura 3.

Elementos construtivos exteriores		
Zonas sensíveis	$D_{2m,nT,w} \geq 28 \text{ dB} \cdot \#$	
Zonas mistas (ou sensíveis com grande infra-estrutura de transporte)	$D_{2m,nT,w} \geq 33 \text{ dB} \cdot \#$	
<p>• acrescidos de 3 dB de acordo com o artº 12 n.º 7 do RGR: novos edifícios habitacionais em zonas urbanas consolidadas onde se excede os limites em menos de 5 dB(A) ou que sejam abrangidas por plano municipal de redução de ruído. # se área translúcida > 60% da fachada adiciona-se o termo de adaptação C ou Ctr ao valor medido (NP EN ISO 717-1).</p>		
Elementos construtivos interiores		
LOCAIS	$D_{nT,w} \text{ (dB)} \geq \bullet\bullet$	$L'_{nT,w} \text{ (dB)} \leq \bullet\bullet$
Entre compartimentos (emissão) e quartos/zonas de estar, de fogos diferentes	50	60
Entre quartos/zonas de estar (recepção) e zonas comuns de circulação (emissão)	48 40 (c/ ascensores) 50 (c/ garagem)	60
Entre quartos/zonas de estar de fogos e locais destinados a indústria, comércio ou serviços ou diversão (emissão)	58	50
<p>•• tolerância de 3 dB para edifícios situados em zonas históricas que sejam objecto de reabilitação mantendo uso e identidade patrimonial.</p>		
Equipamentos colectivos (1)	$L_{Ar,nT} \leq \text{(dB)}$	
Quartos e zonas de estar	27 (funcionamento contínuo) 32 (funcionamento intermitente) 40 (geradores eléctricos de emergência)	
<p>(1) ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, postos de transformação de corrente eléctrica, drenagem de águas, etc.</p>		

Figura 3 – Valores regulamentares dos índices acústicos para elementos construtivos de edifícios novos (RRAE, 2008)

2.1.3 Aplicação da legislação da acústica em edifícios antigos

As intervenções de reabilitação, nos edifícios antigos, será que têm de cumprir obrigatoriamente a legislação portuguesa de acústica dos edifícios (novos ou em geral) em Portugal?

Esta é a questão que enumeras vezes profissionais em reabilitação de edifícios colocam e querem ver respondida. Em variados casos os custos de reabilitar um determinado elemento podem não ser compensatórios e agravar substancialmente o custo total da obra de reabilitação.

Surge então a 8 de abril de 2014 o Decreto-Lei nº 53 que atribui às obras de reabilitação a dispensa do cumprimento dos regulamentos em vigor.

Artigo 5º diz:

“As operações urbanísticas identificadas no n.º2 do artigo 2º estão dispensadas do cumprimento de requisitos acústicos, previstos no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho, com exceção das que tenham por objeto partes de edifício ou frações autónomas destinados a usos não habitacionais.” (D.L.53/2014)

Em seguida avalia-se os regulamentos em vigor, estabelecendo ligações entre eles por forma a se entender qual o verdadeiro papel a ter em atenção por parte dos profissionais.

2.1.4 Regulamento dos requisitos acústicos em edifícios (RRAE, 2008)

Artigo 1º ponto 2 diz:

“2 — As normas do presente Regulamento aplicam –se à construção, reconstrução, ampliação ou alteração dos seguintes tipos de edifícios, em função dos usos a que os mesmos se destinam:”

Artigo 5º ponto 1 diz:

“1 — Os edifícios e as suas fracções que se destinem a usos habitacionais ou que, para além daquele uso, se destinem também a comércio, indústria, serviços ou diversão, estão sujeitos ao cumprimento dos seguintes requisitos acústicos:”

Estes dois artigos são aqueles onde se define quem deve seguir os requisitos acústicos presentes no regulamento e em nenhum a “reabilitação” de edifícios é citada.

Ainda assim, indiretamente pode retirar-se a conclusão que reabilitações profundas que se aproximem de reconstruções devem cumprir os requisitos deste regulamento.

A única altura em que o RRAE usa expressamente a palavra “reabilitação” é no artigo 5º ponto 8 que diz:

“8 — Aos edifícios situados em zonas históricas que sejam objecto de acções de reabilitação, mantendo uma das vocações de uso previstas no presente artigo e a mesma identidade patrimonial, podem aplicar-se os requisitos constantes das alíneas b) a g) do n.º 1 [$D_{nT,w}$ e $L'_{nT,w}$], com uma tolerância de 3 dB.”

Neste artigo percebe-se que existe uma tentativa de efetuar o cumprimento da legislação em certos casos de reabilitação. Ainda assim, com certa flexibilidade por parte dos legisladores para com as entidades licenciadores quando se tratam de casos específicos ou que têm de se ter em atenção certos conflitos de interesses como reabilitar edifícios VS conforto acústico.

Por norma as camaras municipais não são muito flexíveis quanto ao licenciamento deste tipo de intervenção exigindo o cumprimento do regime jurídico atual em edifícios antigos (todos aqueles anteriores a 1987), tornando complexas algumas situações.

2.1.5 Regulamento geral do ruído (RGR, 2007)

O RGR aplica-se às actividades ruidosas, permanentes e temporárias, produzidas pelo edifício durante a sua construção e no seu funcionamento. Contudo, no artigo 12º ponto 5 diz:

“5 - A utilização ou alteração da utilização de edifícios e suas fracções está sujeita à verificação do cumprimento do projecto acústico a efectuar pela câmara municipal, no âmbito do respectivo procedimento de licença ou autorização da utilização, podendo a câmara, para o efeito, exigir a realização de ensaios acústicos.”

Neste refere-se há obrigatoriedade de verificação do projeto acústico com ensaios acústicos por parte da camara municipal. Mas o mesmo RGR afirma no seu artigo 12º ponto 3 que ao projeto acústico se aplica o RRAE. Posto isto, embora seja exigido em alguns casos projeto acústico não é inquestionável que edifícios antigos sujeitos a reabilitação tenham obrigatoriamente de verificar os requisitos do RRAE, exceto se forem reconstruções ou alterações.

Como em todas as legislações criadas para as diversas áreas da engenharia a interpretação é sempre algo que condicionar ou facilitar o cumprimento das mesmas. Mesmo assim será necessário que exista cooperação entre todos os intervenientes no projeto, desde os projetistas, a empreiteiros e entidades legais que avaliam os trabalhos com a lei que vigora em Portugal.

No caso específico da “reabilitação” de edifícios antigos não existe uma definição específica para o cumprimento dos limites acústicos exigidos no RRAE, mas existe por vezes outras exigências do âmbito arquitetónico e patrimonial que por vezes em determinados casos causam conflitos entre legislações.

De acordo com Carvalho (Manuel de apoio ao projeto de reabilitação de edifícios antigos, 2012), sugere como boa prática nos casos de edifícios antigos com exigências patrimoniais aplicar as seguintes três práticas:

- 1- *Todos os elementos construtivos que forem reabilitados para a sua primitiva constituição deverão pelo menos manter o comportamento acústico que previsivelmente teriam á data da construção original (não será pois exigível o cumprimento do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios se isso inviabilizar em absoluto a manutenção das características originais);*
- 2- *Todos os elementos construtivos que forem reconstruídos e virem alteradas as suas características construtivas originais deverão cumprir a legislação atualmente em vigor (Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios);*
- 3- *Todos os elementos construtivos (exceto fachadas) que forem reconstruídos mas não virem alteradas as suas características construtivas originais deverão, se tecnicamente possível sem descaracterizar a solução, cumprir a legislação atualmente em vigor (Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios) com a tolerância de 3 dB.*

A colocação de equipamentos de uso coletivo ou individual assim como a reabilitação dos existentes têm de cumprir todas as exigências da legislação em vigor (Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios e Regulamento Geral do Ruído).

2.1.6 Caracterização do som

O som propaga-se no ar em forma de onda que comprime e dilata ao longo da sua deslocação, ou seja, é uma alteração de pressão que tem origem num ponto e ao transmitir esse estímulo às partículas adjacentes o faz propagar-se ao longo de grandes distâncias.

Essa colisão de partículas que permite a deslocação da onda é finita, variando conforme a intensidade do estímulo inicial.

Assim sendo, o som só é som pois o cérebro humano, com a captação por parte do sistema auditivo, tem a capacidade de traduzir estas variações de pressão numa sensação pois caso contrário seria apenas alterações de pressão do meio circundante (Silva, 2015).

Posto isto, o ouvido humano tem limites mínimos e máximos de audição conseguindo ter percepção de sons que estejam na gama de frequência entre os 20 e os 20.000Hz. Tendo ao longo da sua vida uma diminuição de sensibilidade para as frequências mais altas. Os níveis de pressão sonora que o ouvido humano é capaz de suportar também tem limites mínimos e máximos, podendo ir de 10^{-5} , limiar da audição, e 100 Pa, limiar da dor (Silva, 2015).

O uso de uma escala linear em Pascal criava dificuldades de representação destes intervalos, optou-se por representá-los numa escala logarítmica porque além de permitir a redução do intervalo, o ouvido humano responde, também, segundo uma escala logarítmica. Por este motivo usa-se uma escala logarítmica em decibéis, 1/10 do bel, que mede o nível de pressão sonora (Silva, 2015).

Para se medir os níveis de pressão a que estamos sujeitos ou que algum tipo de elemento produz no seu funcionamento, desenvolveu-se a expressão (5) que calcula o nível de pressão sonora em dB através do cálculo da pressão sonora, p , em Pa e da pressão sonora de referência, p_0 , em Pa também.

$$L_p = 20 \times \log\left(\frac{p}{p_0}\right) = 10 \times \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) \quad (5)$$

L_p – nível de pressão sonora (dB)

p – pressão sonora (Pa)

p_0 – pressão sonora de referência, 2×10^{-5} (Pa)

Assim como é possível determinar o nível de pressão sonora, também é possível calcular outros níveis que se podem tornar úteis caso se tenha outros dados que não sejam as pressões. Temos então as expressões (6) e (7) que calcula o nível de intensidade sonora, L_I , e o nível de potência sonora (L_w). Enquanto o primeiro nível depende do local em que fazemos as medições, podendo variar com a distância à fonte, o segundo já não apenas depende da fonte emissora.

$$L_I = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (6)$$

L_I – nível de intensidade sonora (dB)

I_0 – intensidade sonora de referência, 10^{-12} (W/m²)

$$L_w = 10 \times \log\left(\frac{W}{W_0}\right) \quad (7)$$

L_w – nível de potência sonora (dB)

W_0 – potência sonora de referência, 10^{-12} (W)

Quanto temos mais do que uma fonte a transmitir som para se medir o nível sonora que a soma dos sons intervenientes transmitem temos de ter em atenção que a soma não se faça de uma forma algébrica mas segundo a expressão (8).

$$L_{soma} = 10 \times \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (8)$$

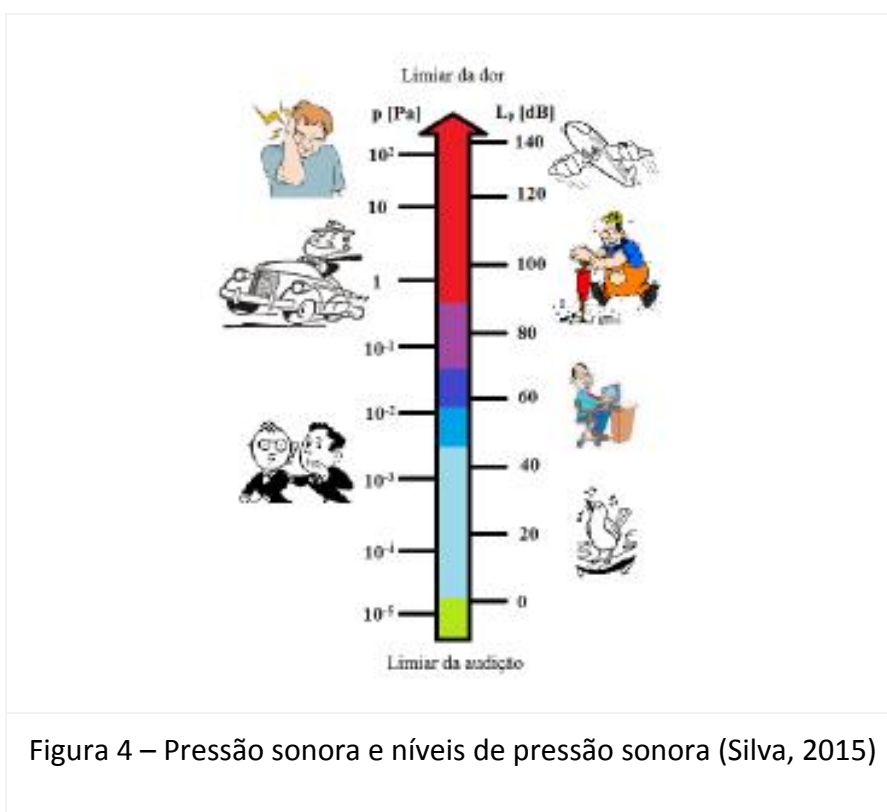


Figura 4 – Pressão sonora e níveis de pressão sonora (Silva, 2015)

Quando num determinado local se pretende saber quais serão os níveis sonoros que se fazem sentir é necessário realizar ensaios de medição acústica. Essa medição é feita por intermédio de um sonómetro. Figura 5 apresenta alguns exemplos.

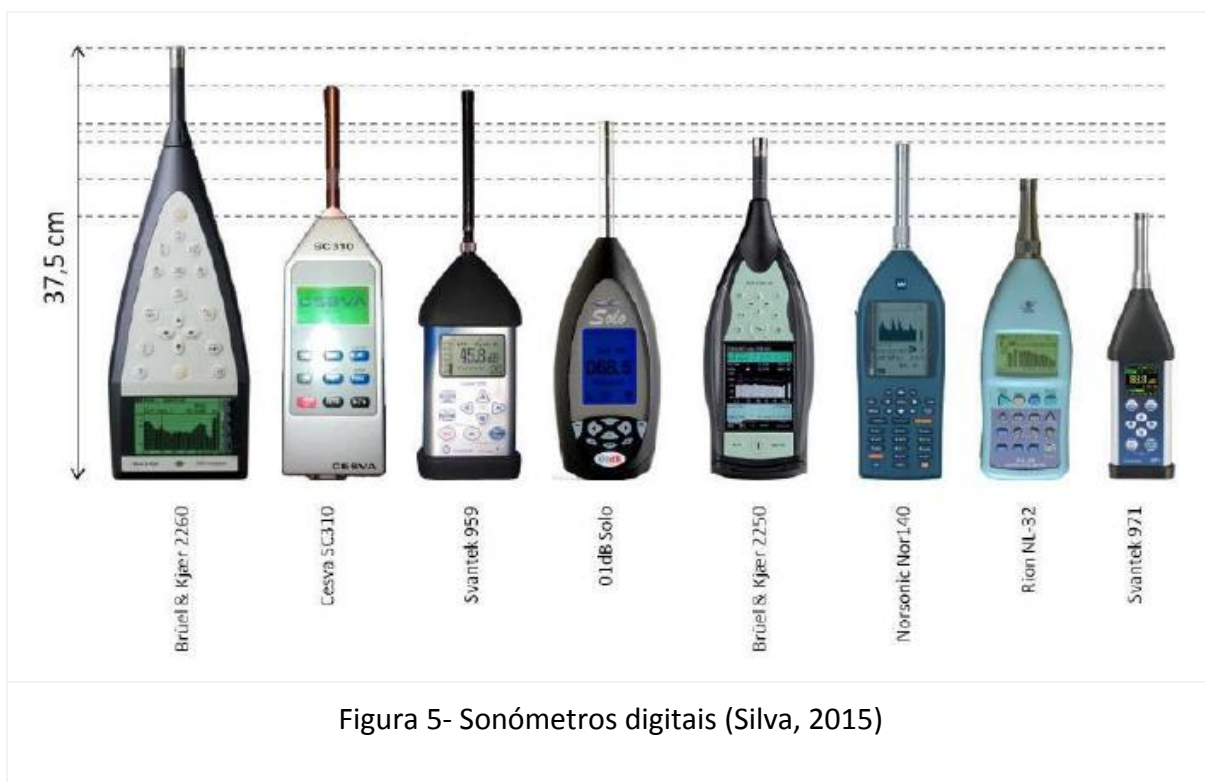


Figura 5- Sonómetros digitais (Silva, 2015)

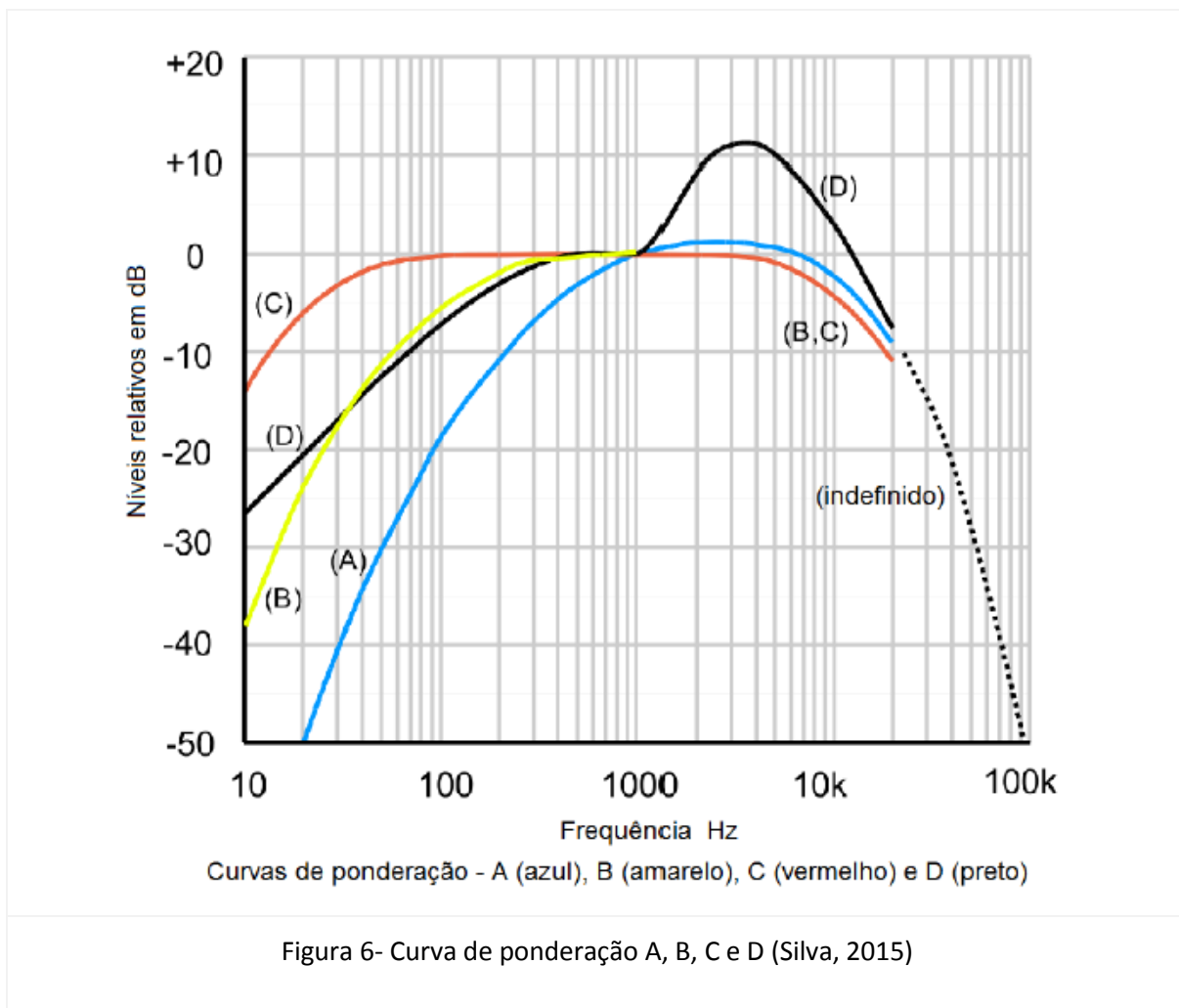
Estes sonómetros registam a pressão sonora consoante determinada frequência. Obtendo em seguida os níveis sonoros consoante valores corrigidos das pressões sonoras.

O ouvido humano não corresponde de forma linear às variações de frequências, desta forma, surgiu assim a representação das frequências na forma de bandas de oitavas. Estas são aproximadamente o dobro da que a antecede sendo cada banda associada à sua frequência central (f_0).

Existe ainda a representação em bandas de 1/3 de oitava que apresentam uma menor largura de banda do que as bandas de oitava (Silva, 2015).

Para uma maior precisão e realidade dos valores registados, para baixas frequências, com a percepção humana desenvolveu-se um método para corrigir esta falha. Passa pela aplicação de uma curva denominada de *Curva de ponderação A*. Na Figura 6 e na Figura 7, apresentam-se curvas “A”, “B”, “C” e “D” sendo todas curvas de ponderação para diferentes frequências e permitem obter o nível sonoro em dB. A *Curva de ponderação A* é a mais utilizada pois aproxima os valores de medição da forma como o ser humano escuta sobre uma boa faixa de frequência, enquanto a do *tipo B* aproxima a resposta do sistema auditiva para sons com níveis medianos. O *tipo C* apresenta uma

forma plana pois é utilizada para respostas de nível sonoro elevado, quanto ao *tipo D*, foi desenvolvido para medições de ruídos de sobrevoos aeronaves logo altas frequências.



Banda de frequência 1/1 oitava (Hz)	Filtro A para 1/1 oitava	Banda de frequência 1/3 oitava (Hz)	Filtro A para 1/3 oitava	Banda de frequência 1/1 oitava (Hz)	Filtro A para 1/1 oitava	Banda de frequência 1/3 oitava (Hz)	Filtro A para 1/3 oitava
31	-40	25	-44.7	1000	0	800	-0.8
		31	-39.4			1000	0
		40	-34.6			1250	0.6
63	-26	50	-30.2	2000	+1	1600	1
		63	-26.2			2000	1.2
		80	-22.5			2500	1.3
125	-15.5	100	-19.1	4000	+1	3150	1.2
		125	-16.1			4000	1
		160	-13.1			5000	0.5
250	-8.5	200	-10.9	8000	-1	6300	-0.1
		250	-8.6			8000	-1.1
		315	-6.6			10000	-2.5
500	-3	400	-4.8	16000	-7	12500	-4.3
		500	-3.2			16000	-6.6
		630	-1.9			20000	-9.3

Figura 7- Valores numéricos da *Curva de ponderação A* (Silva, 2015)

Em todas as medições existem sons marginais que influenciam os valores registrados criando diferenças para os que deveriam ser obtidos. O ruído é um fenômeno que provoca essas alterações e que é contabilizado através da fórmula do nível de ruído equivalente.

Fornece o nível de ruído médio medido ao longo de um determinado tempo ou de uma determinada frequência sendo desprezável o nível de ruído abaixo dos 50 Hz e acima dos 8000 Hz.

No cálculo do nível equivalente para um determinado tempo e para medições em frequência as expressões seguintes podem ser utilizadas.

$L_{eq} = 10 \times \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$	(9)
--	-----

$L_{eq} = 10 \times \log \left(\sum_i 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$	(10)
---	------

Sendo:

L_{eq} – Nível de pressão sonora contínua equivalente

T – Tempo total (minutos)

t_i – Período de funcionamento (minutos)

L_i – Nível de pressão sonora (dB)

2.1.7 Métodos de dimensionamento/estimativa acústico teórico

No estudo acústico, uma das maiores dificuldades que os projetistas se deparam é com a incapacidade de uma previsão “certa” dos valores de isolamento que as soluções dimensionadas iram produzir. Os fatores que influenciam essa previsão são difíceis de balizar e colocar num modelo matemático “infalível”, não passam apenas de previsões que só serão validadas com os ensaios acústicos realizados *in situ*.

Assim, ao longo dos anos vários modelos de dimensionamento/previsão acústico têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados, encontrando-se hoje em dia modelos mais direcionados para construções pesadas (edifícios maioritariamente constituídos por elementos em alvenaria e betão) e menos para construções leves (edifícios antigos com lajes de vigas de madeira e paredes em tabique).

No caso deste trabalho, apresentado em 3, como se trata de um edifício antigo com soluções estruturais leves (pavimentos e paredes interiores), os modelos apresentados são aqueles que têm sido os mais utilizados por outros autores de estudos académicos neste tipo de metodologia construtiva. Sendo para o dimensionamento do isolamento sonoro a sons de condução aérea apresentado o Método de Sharp (Silva, 2015; Bies e Hansen, 2003) e o Método de Meisser (Rocha, 2014). Para estimativa do valor do isolamento sonoro a sons de percussão apresenta-se o método simplificado da norma NP EN 12354-2:2000.

2.1.7.1 Método de Sharp

Publicado em 1973, este apresenta-se como uma ferramenta de utilização simples para se obter uma estimativa realista da redução sonora - R - por bandas de frequência. Tem aplicabilidade em elementos construtivos simples e duplos e a sua sólida componente analítica é completada por diversos estudos realizados em diferentes tipos de elementos construtivos (Silva, 2015; Rocha, 2014).

Por ser um método gráfico tornasse de fácil entendimento os resultados obtidos, mas para estes serem representados graficamente são calculados segundo diversos fatores como:

m_i – Massa superficial do painel (kg/m^2);

h – Espessura (m);

c_i - Velocidade de propagação do som num material (m/s);

η - Fator de perdas de cada um dos painéis do elemento;

d – Espessura da caixa-de-ar e se contém ou não material absorvente;

Assim urge demonstrar a aplicabilidade do método de Sharp para elementos simples e duplos.

2.1.7.1.1 Aplicação do método de Sharp a elementos simples

Na obtenção do valor da redução sonora para elementos simples a aparência final do gráfico a desenvolver será idêntica ao da Figura 8.

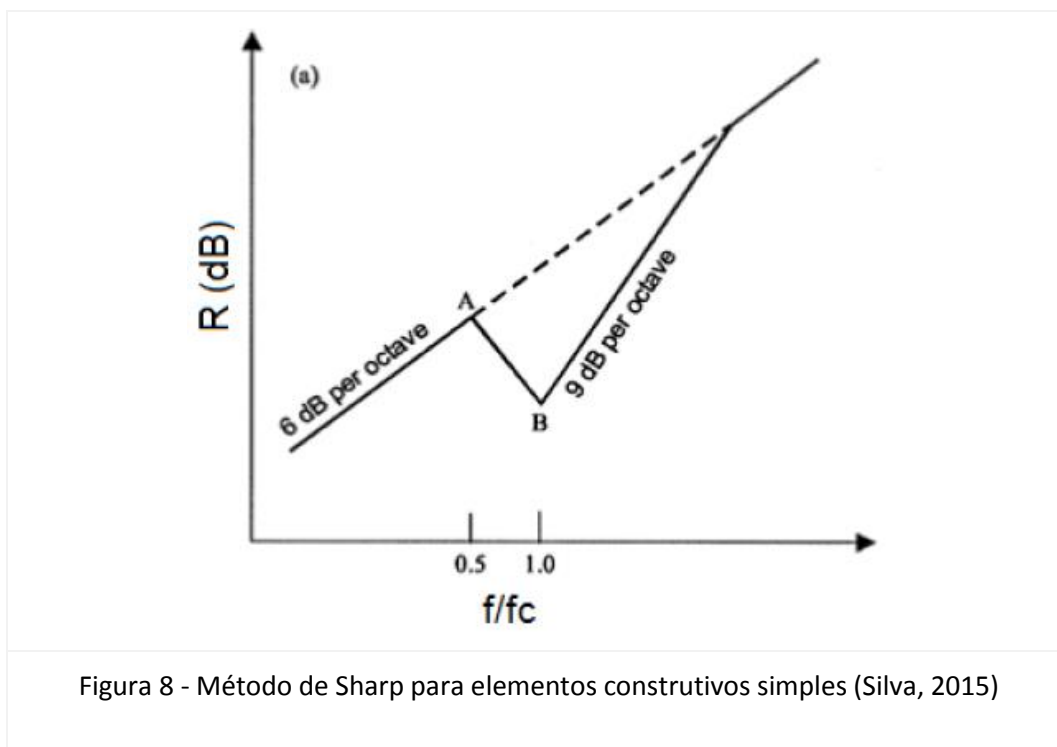


Figura 8 - Método de Sharp para elementos construtivos simples (Silva, 2015)

Inicia-se a criação desta Figura 8 com o cálculo da expressão (11) que nos fornece o valor da frequência crítica.

$$f_{cn} = \frac{0,55 \cdot c^2}{c_{Ln} \cdot h_n} \quad (11)$$

c – Velocidade de propagação do som (m/s) relativa aos materiais envolvidos na constituição da solução construtiva em causa.

Em seguida obtém-se a frequência nos pontos A e B, pelas expressões (12) e (13) respetivamente, através do valor da frequência critica anteriormente calculada.

$$f_A = \frac{f_c}{2} \quad (12)$$

$$f_B = f_c \quad (13)$$

Com a frequência de cada ponto calculada passa-se ao cálculo do valor da redução sonora para os mesmos com recurso às expressões (14) e (15).

$$R_A = 20 * \log(f_c * m) - 54 \quad (14)$$

$$R_B = 20 * \log(f_c * m) + 10 * \log(\eta) - 45 \quad (15)$$

Estando calculados os valores das abcissas (f_a e f_b , da Figura 8) e ordenadas (R_a e R_b) dos pontos A e B. Em seguida, é traçada uma recta a partir do ponto A com declive de 6 dB/oitava e outra a partir de B mas esta com declive de 9 dB/oitava.

No local onde ambas se cruzam, a que prevalece, é a de 6 dB/oitava como se verifica na Figura 8 (Silva, 2015).

Como exemplo de aplicação do método de Sharp em elementos simples apresentam-se dois casos: parede de fachada (PE01) e parede interior (PI02).

2.1.7.1.1.1 Caso – Parede de fachada (PE01)

A parede de fachada (PE01) constituída por gesso projetado com 2 cm, parede de granito com 49 cm e reboco com azulejo com espessura de 2 cm, presente na Figura 9.

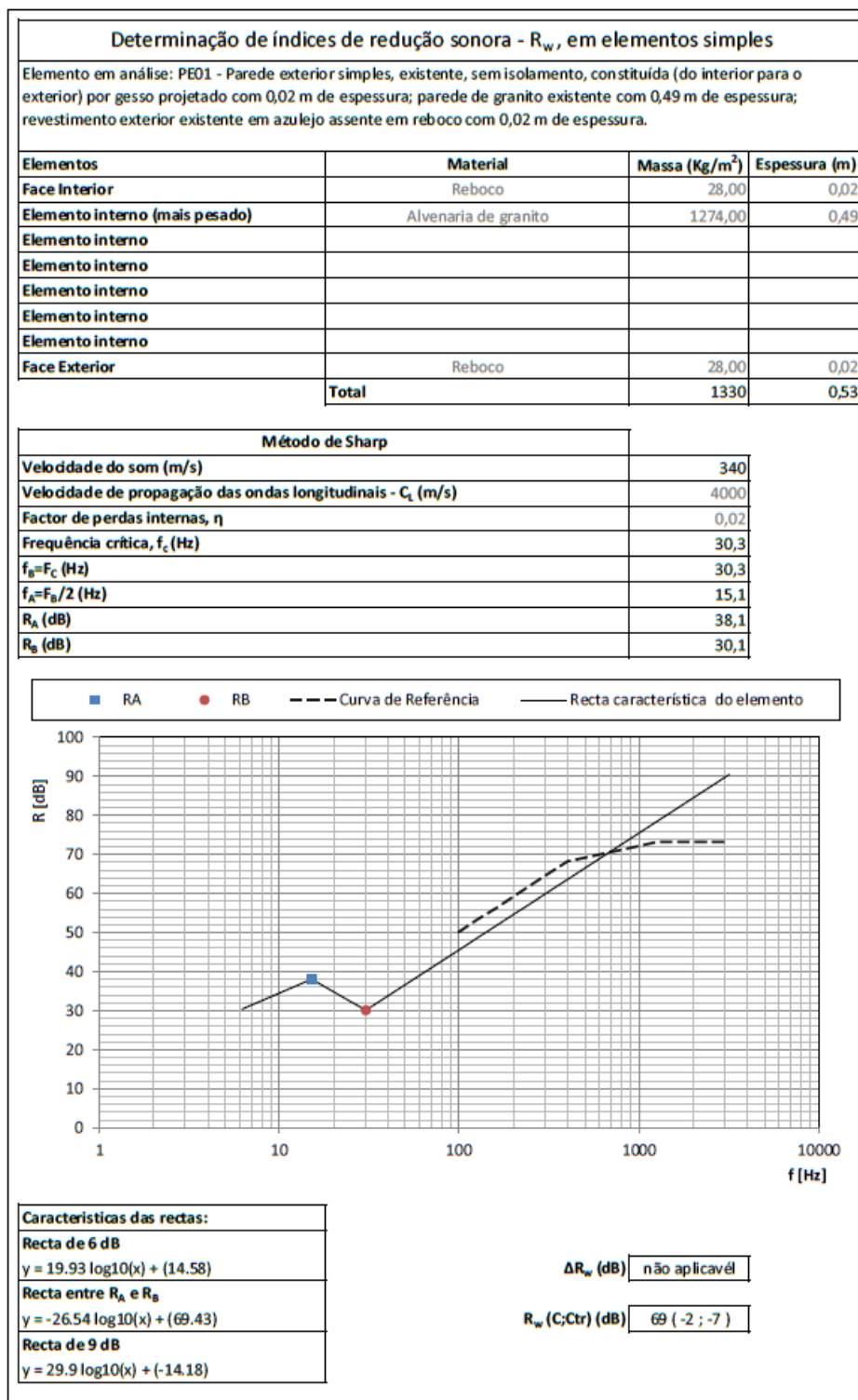


Figura 9 – Cálculo da redução sonora de parede de fachada, PE01 (Rocha, 2015)

Para uma fácil interpretação dos dados presentes na Figura 9 considerou-se uma divisão da mesma em 4 partes.

1ª - Constituída pela descrição do elemento separador, os seus constituintes, espessuras e disposição.

2ª - Em seguida, um quadro síntese da informação descrita acrescentando a massa volúmica de cada constituinte.

3ª - Encontra-se um quadro intitulado por Método de Sharp, sendo o mais relevante para este capítulo. Isto porque, contém toda a informação relativa ao cálculo do método de Sharp que vai servir para criar o gráfico seguinte onde se retira o valor do índice de redução sonora R_w .

Assim, temos:

- **Velocidade do som – c** com valor de 340 m/s. Este representa a velocidade de propagação das ondas sonoras no ar, valor fixo utilizado no cálculo para qualquer tipo de elemento, independente da sua constituição.

- **Velocidade de propagação das ondas longitudinais – C_L** com valor 4000 m/s. Este é o índice que determina a propagação das ondas longitudinais num meio, neste caso alvenaria de granito. Este varia consoante o meio onde se propaga (podendo ser sólido, líquido, ou gasoso) aumentando consoante aumenta a rigidez do mesmo. Na Figura 10 apresentam-se as diferentes velocidades do som para diferentes meios/materiais (Almeida, 2009).

Meio	Velocidade [m/s]
Ar	344
Água Doce	1460
Madeira	1000 a 4900
Cimento	4000
Aço	4700 a 5150
Vidro	5000 a 6000

Figura 10 – Velocidades de propagação do som em vários meios/materiais (Almeida, 2009)

Pode ser calculado recorrendo á expressão (16) (Costa, 2008).

$$C_L = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \approx \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (16)$$

Sendo:

E – Módulo de elasticidade do material (Pa=kg/m.s²)

P – Massa volúmica do material (kg/m³)

- **Fator de perdas internas – η** com valor 0,02

- **Frequência crítica – f_c** com valor 30,3 Hz. Obtida através da expressão (11), variando consoante a velocidade de propagação das ondas longitudinais - C_l - e a espessura do material constituinte.

- Os índices f_a , f_b , R_a e R_b são os índices calculados através das expressões (12), (13), (14) e (15) respetivamente e dão origem às abcissas e ordenados dos pontos A e B, para se desenvolver o gráfico de Sharp (quarta parte da imagem) e obter o valor do índice de redução sonora - R.

4ª - Está presente o gráfico de Sharp para elementos simples. Faz-se acompanhar das equações das retas de 6 e 9 dB/oitava e da que une os pontos A e B. No canto inferior direito temos o valor do índice de redução sonora, obtido.

Este permite determinar os valores para as frequências de 100 até 3150 Hz do elemento e posteriormente esses valores serão tratados com a curva de referência. O valor considerado como índice de redução Sonora para o elemento é o que representa a curva de referência a 500Hz.

Posto isto, permite também retirar conclusões das características comportamentais da parede a diferentes sons, consoante a sua frequência e assim facilmente se verifica se cumpre ou não os valores regulamentares.

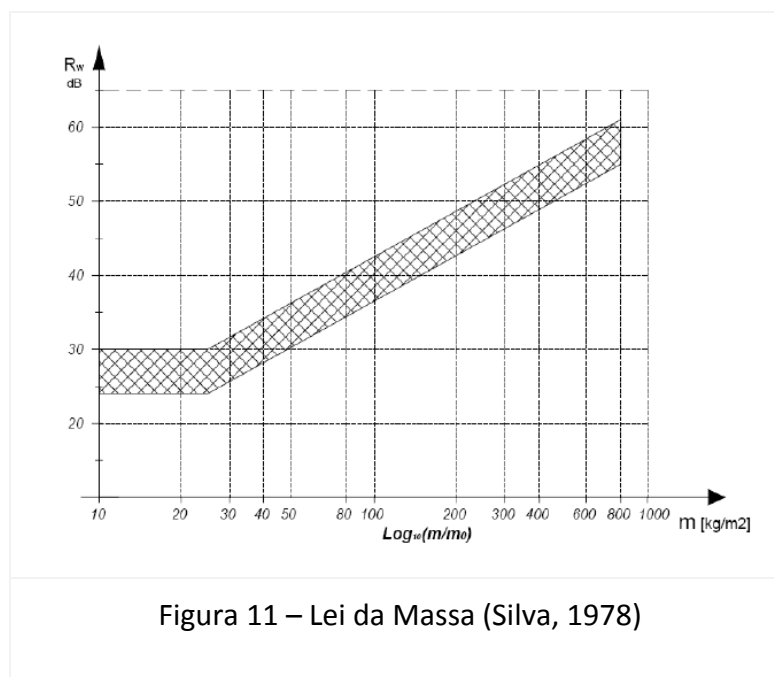
Como método comparativo dos valores obtidos no método de Sharp fez-se o cálculo do índice de redução sonora para a Parede PE01 consoante o Método da Lei da massa. Assim, na Tabela 1 está presente o quadro síntese do método e dos valores obtidos para este caso.

Tabela 1 - Aplicação da Lei da Massa na parede PE01

Lei da Massa PE01		
Elemento	Material	Massa
Revestimento exterior	Reboco	28 Kg/m ²
Elemento interno	Alvenaria de granito	1274 Kg/m ²
Revestimento interior	Reboco	28 Kg/m ²
Massa Total (m total)		1330 Kg/m ²
Cálculo do R_w		
Paramento 50 ≤ m (massa) < 100 kg/m ²	R _w =21,7*log (m) - 2,3+1	Não aplicável
Paramento 100 ≤ m (massa) < 150 kg/m ²	R _w =32,4*log (m) - 26,0	Não aplicável
Paramento m (massa) ≥ 150 kg/m ²	R _w =40,0*log (m) -45,0	Aplicável
Valor final do R_w		≈ 79,95 dB

De uma forma sucinta a aplicação da “Lei da Massa” a elementos homogêneos constituídos por elemento pesados como o tijolo, betão ou alvenaria de pedra têm dois métodos para a obtenção do índice de redução – R_w. Através do ábaco da Figura 11 ou das fórmulas presentes na Tabela 1 (método considerado).

Estas variam consoante a massa do elemento e permitem a obtenção de valores acima dos limites do ábaco (800 kg/m²) (Almeida, 2009).



Comparando o valor obtido por ambos os métodos verifica-se uma disparidade de aproximadamente 10 dB, valor demasiado elevado quando se calcula o mesmo elemento. Isto acontece pois a “Lei da massa” apenas aplica o valor da massa do elemento separador não dando relevância ao tipo de material que o constitui.

O método de Sharp ao considerar a velocidade de propagação das ondas longitudinais no material, o fator de perdas e a frequência crítica, consegue estabelecer uma relação mais precisa sobre o valor do índice de redução sonora e a frequência do som, dando origem a um valor mais fiável.

2.1.7.1.1.2 Caso – Parede interior (PI02)

O segundo exemplo de aplicação do método de Sharp, caracteriza uma parede interior de separação entre a habitação e as escadas (PI02) constituída por gesso projetado de 2cm nas duas faces e 11 cm de tabique no interior, conforme Figura 12. A parede interior - PI02 - é constituída por elementos materiais com uma constituição diferente da PE01, permite assim tirar novas conclusões sobre ambos os métodos numa situação nova.

Na Figura 12 está representado o estudo de R_w consoante o método de Sharp e na Tabela 2 a utilização da “Lei da massa”.

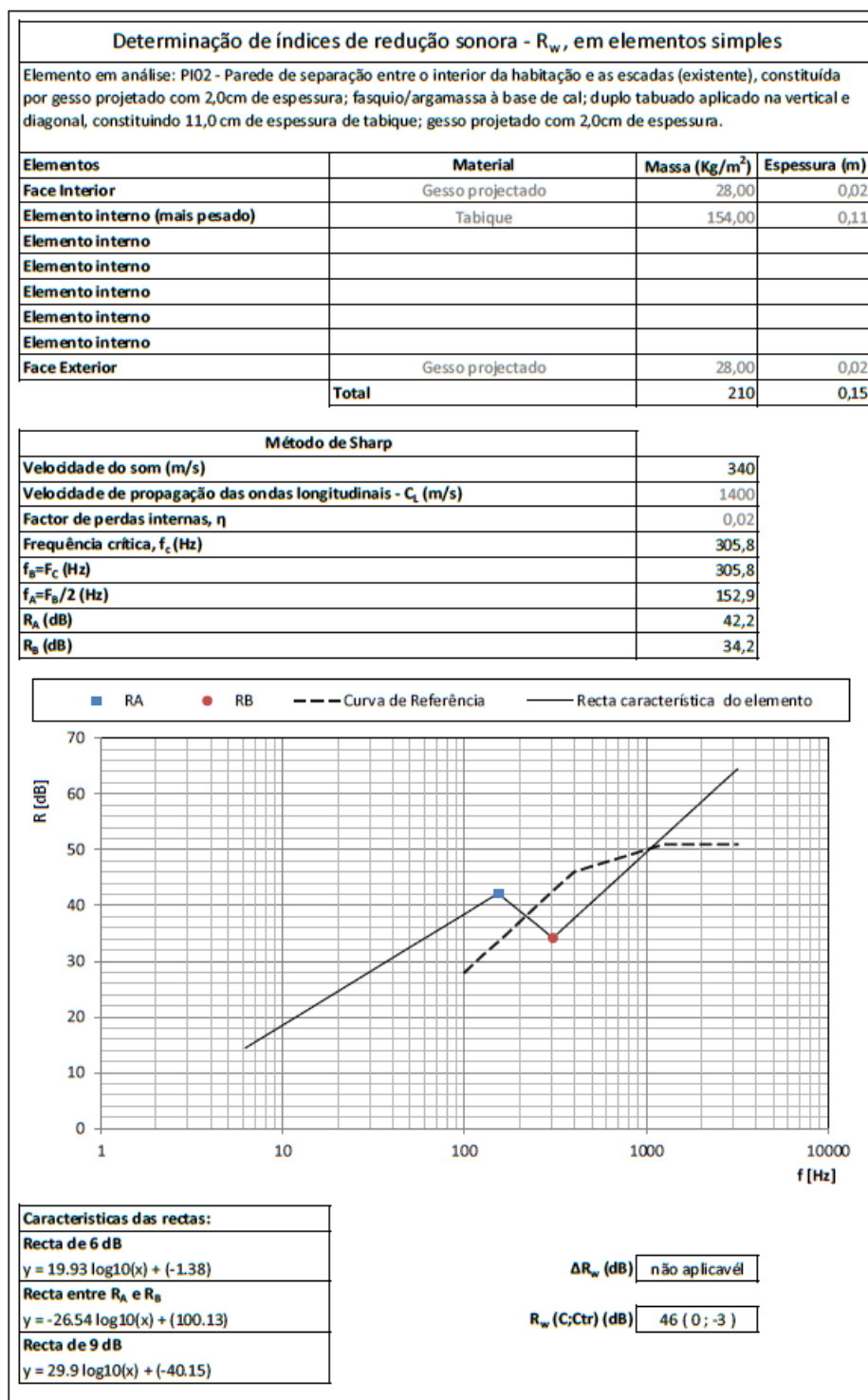


Figura 12 – Cálculo da redução sonora de parede interior PI02 (Rocha, 2014)

A parede PI01 trouxe uma aproximação dos valores de R_w calculados por ambos os métodos para valores mais baixos. Sendo a diferença de apenas de 1,9 dB entre métodos.

Uma vez que a massa por m^2 é considerável mas se encontra dentro dos valores observáveis no ábaco, a Lei da massa teve uma boa expressividade. Mesmo assim, mais conservadora que o Método de Sharp.

A diferença ocorrida no primeiro exemplo acontece pois a Lei da massa sendo um método de expressão linear logarítmica para elevadas massas tem valores demasiado elevados, longe da realidade. Por isso mesmo é que o ábaco apenas funciona até massas de 800 Kg/m^2 acima desse valor torna-se um método pouco eficaz.

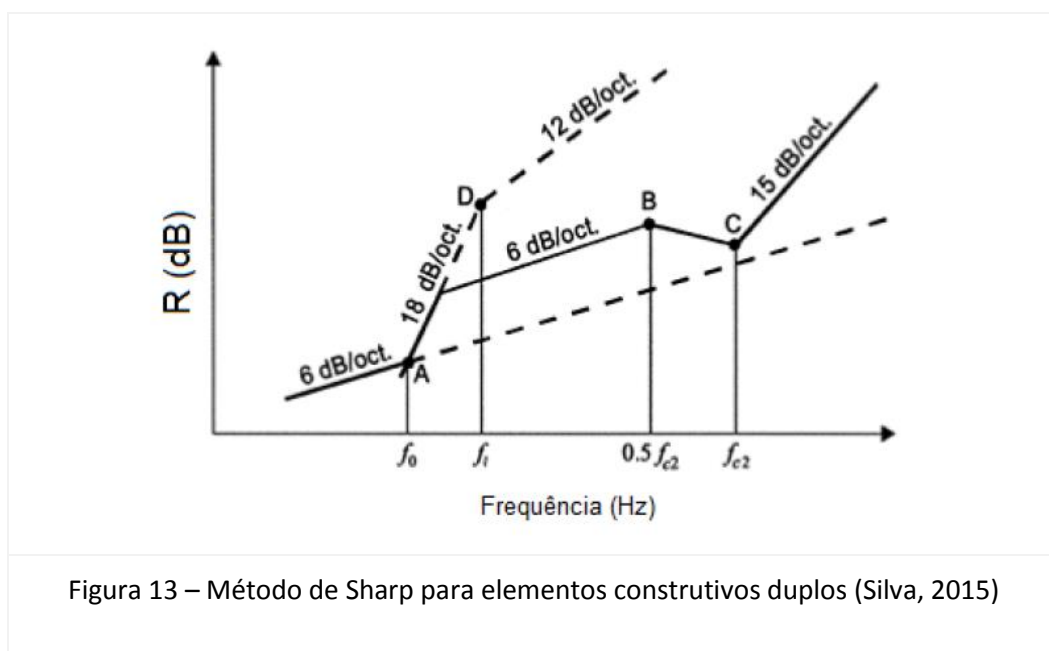
Para valores de massa dentro dos limites do ábaco, o método da massa tem uma aplicabilidade eficaz. Podendo ser uma boa abordagem de pré dimensionamento, devido á facilidade de uso e pouca informação de cálculo.

Tabela 2 - Aplicação da Lei da Massa na PI02

Lei da Massa PI02		
Elemento	Material	Massa
Revestimento exterior	Reboco	28 Kg/m^2
Elemento interno	Tabique	154 Kg/m^2
Revestimento interior	Reboco	28 Kg/m^2
Massa Total (m total)		210 Kg/m^2
Cálculo do R_w		
Paramento $50 \leq m \text{ (massa)} < 100 \text{ kg/m}^2$	$R_w=21,7*\log (m) - 2,3+1$	Não aplicável
Paramento $100 \leq m \text{ (massa)} < 150 \text{ kg/m}^2$	$R_w=32,4*\log (m) - 26,0$	Não aplicável
Paramento $m \text{ (massa)} \geq 150 \text{ kg/m}^2$	$R_w=40,0*\log (m) -45,0$	Aplicável
Valor final do R_w		$\approx 47,90 \text{ dB}$

2.1.7.1.2 Aplicação a elementos duplos

O Método de Sharp para o cálculo do valor da redução sonora para elementos duplos, tem por base a Figura 13.



É um Método que para atingir valores mais aproximados da realidade necessita de algumas restrições nas condições físicas do elemento duplo. Assim, é necessário que os painéis sejam isotrópicos (painéis com características físicas homogêneas) e completamente separados mecanicamente e acusticamente (Silva, 2015).

É considerado um método simples para estimar o valor de R, mas tem as suas falhas. Sendo uma das principais, a impossibilidade de indicar qual o tipo de material absorvente, logo, não entra em conta com as propriedades deste material, espessura ou densidade (Costa, 2008).

Garantir que a frequência crítica, do primeiro painel é inferior ou igual á frequência do segundo, é fulcral para se aplicar o método e calcular as frequências críticas relativas aos pontos A, B, C e D. Para tal, através da expressão (11), determina-se a frequência crítica do painel 1, f_{c1} e do painel 2, f_{c2} .

Estando este requisito garantido passa-se ao cálculo da frequência limite f_l e da frequência de menor ressonância de cavidade f_0 (abscissa do ponto A). Posto isto aplica-se o valor de f_0 na expressão que vai determinar o valor da redução sonora R_a (ordenada do ponto A), recorrendo às expressões (18) (19) (Silva, 2015).

$$f_l = \frac{55}{d} \quad (17)$$

$$f_0 = 80 * \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)}{d * m_1 * m_2}} \quad (18)$$

$$R_A = 20 * \log(m_1 + m_2) + 20 * \log(f_0) - 48 \quad (19)$$

O Ponto B, da Figura 13, tem por abscissa metade da frequência crítica do painel 2 e ordenada o cálculo da Redução sonora - R_b . R_b é uma variável que depende do tipo de apoio entre os panos. Sharp desenvolveu este modelo para três tipos de apoio entre os panos (Costa, 2008).

Uma vez que não seja aplicável qualquer tipo de material absorvente na caixa-de-ar, deve-se utilizar a expressão (20).

$$R_{B1} = R_A + 20 \cdot \log\left(\frac{f_{c1}}{f_{c2}}\right) - 6 \quad (20)$$

Quando na caixa-de-ar se coloca isolamento as expressões de cálculo de R_b variam, sendo o maior dos valores que resultam de R_{b1} e R_{b2} . Sendo R_{b2} calculado através de três expressões diferentes consoante o tipo de apoio. No caso de o pano interior e o exterior se encontrarem apoiados segundo uma linha, apoio em linha-linha, considera-se a expressão (21).

$$R_{B2} = 20 \cdot \log(m_1) + 10 \cdot \log(b) + 30 \cdot \log(f_{c2}) + 20 \cdot \log\left(1 + \frac{m_2 \cdot \sqrt{f_{c1}}}{m_1 \cdot \sqrt{f_{c2}}}\right) - 78 \quad (21)$$

Em que b – é o espaçamento entre linhas de suporte em metros (Costa, 2008).

Segundo Costa (2008), quando um dos painéis se encontra apoiado segundo um ponto (por exemplo quando se utilizam espaçadores) e o outro tiver apoiado segundo uma linha, apoio linha-ponto, R_b é dado por:

$$R_{B2} = 20 \cdot \log(m_1 \cdot e) + 40 \cdot \log(f_{c2}) - 99 \quad (22)$$

Em que e – é o espaçamento formado por uma grade retangular virtual entre suportes de ponto em metros.

O último caso estudado por Sharp é quando ambos os painéis têm apoio por ponto, apoio ponto-ponto, neste caso a redução sonora é calculada segundo a expressão (23) (Costa, 2008).

$$R_{B2} = 20 \cdot \log(m_1 \cdot e) + 40 \cdot \log(f_{c2}) + 20 \cdot \log\left(1 + \frac{m_2 \cdot f_{c1}}{m_1 \cdot f_{c2}}\right) - 105 \quad (23)$$

O Ponto C, da Figura 13, é denominado por “ponto crítico” pois situa-se numa gama de frequência audível. A sua abcissa é o valor da frequência crítica do painel 2 e a ordenada novamente varia com o valor da redução sonora - R_c .

O cálculo de R_c depende das frequências críticas dos dois panos, caso sejam iguais a expressão a utilizar é a (24) caso contrário é a expressão (25), de acordo com (Costa, 2008).

Assim quando $f_{c1}=f_{c2}$, vem:

$$R_C = R_B + 6 + 10 \cdot \log(\eta_2) + 5 \cdot \log(\eta_1) \quad (24)$$

Quando $f_{c1} \neq f_{c2}$, vem:

$$R_C = R_B + 6 + 10 \cdot \log(\eta_2) \quad (25)$$

O Ponto D é calculado a partir do ponto A, através da expressão (26).

$$R_D = R_A + 60 \cdot \log\left(\frac{f_1}{f_0}\right) \quad (26)$$

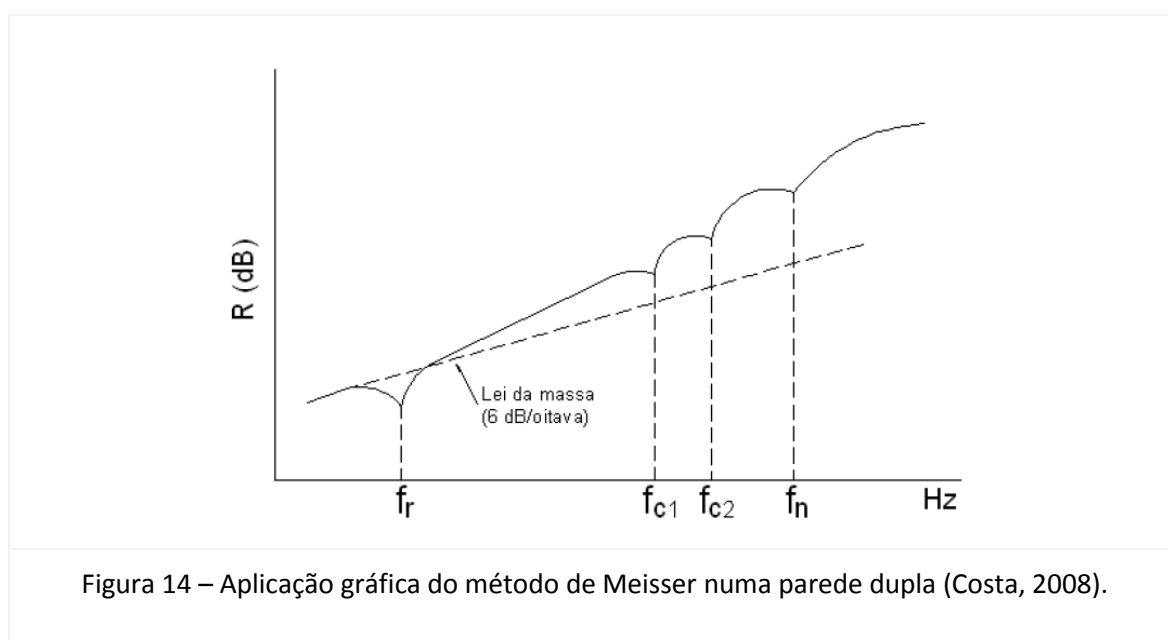
Após a identificação dos 4 pontos notáveis traça-se as retas com declives de 6, 12, 15 e 18 dB/oitava, sendo que na interceção entre a de 18 dB/oitava e 6 dB/oitava a que prevalece é a de 6 dB/oitava (Silva, 2015).

Posto isto, retira-se os valores para as frequências de 100 a 3150 Hz e trata-se os resultados com a curva de referência, retirando o valor da redução sonora para os 500 Hz da curva de referência.

2.1.7.2 Método de Meisser

Este modelo de cálculo tem uma vasta aplicabilidade. Sendo possível obter valores muito aproximados de R através da frequência para quase todos os tipos de paredes, sendo mais preciso em paredes pesadas.

Tal como o método de Sharp, este também é um método gráfico. Nele são representadas as frequências características do elemento e é calculada a redução sonora para 500 Hz. Estes dados com o apoio de retas de vários declives dão origem ao gráfico que traduz o comportamento da parede (Costa, 2008).



2.1.7.2.1 Limitações, método de Meisser

Como todos os métodos teóricos, o método de Meisser também tem as suas limitações. Não considera o tipo de ligação entre os panos, sendo um dado com maior importância quanto mais leve for o elemento separador. Não considera a medida exata da caixa-de-ar e a influência desta é obtida pelo fator - K - que varia entre espessuras pré definidas (Costa, 2008).

O primeiro passo, para a aplicação do método de Meisser, passa pelo cálculo da redução sonora para 500 Hz através da expressão (27) (Costa, 2008).

$$R_{500\text{Hz}} = 13,3 \cdot \log(m_1 + m_2) + K + 13,4 \quad (27)$$

Em que:

m_1 – Massa dos constituintes dispostos antes do material absorvente (kg/m^2)

m_2 – Massa dos constituintes dispostos depois do material absorvente (kg/m^2)

K – Contributo da caixa-de-ar e do material absorvente da caixa-de-ar.

K toma o valor de 4 dB para caixa-de-ar com espessura entre 4 e 5 cm, preenchidas com material absorvente e de 9 dB para espessuras superiores a 10 cm.

Em seguida calcula-se a frequência de ressonância, f_0 , pela expressão (28), as frequências críticas dos dois painéis, f_c , pela expressão (11), e por fim a ressonância inicial da caixa-de-ar, f_n pela expressão (29) (Costa, 2008).

$$f_0 = 84 \times \sqrt{\frac{1}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (28)$$

Sendo:

d – Espessura da caixa-de-ar (m);

m_1 – Massa dos constituintes dispostos antes do material absorvente (kg/m^2)

m_2 – Massa dos constituintes dispostos depois do material absorvente (kg/m^2)

$$f_{n1} = \frac{c \times 1}{2 \times d} \quad (29)$$

Sendo:

c – Celeridade (m/s)

d – Espessura da caixa de ar (m)

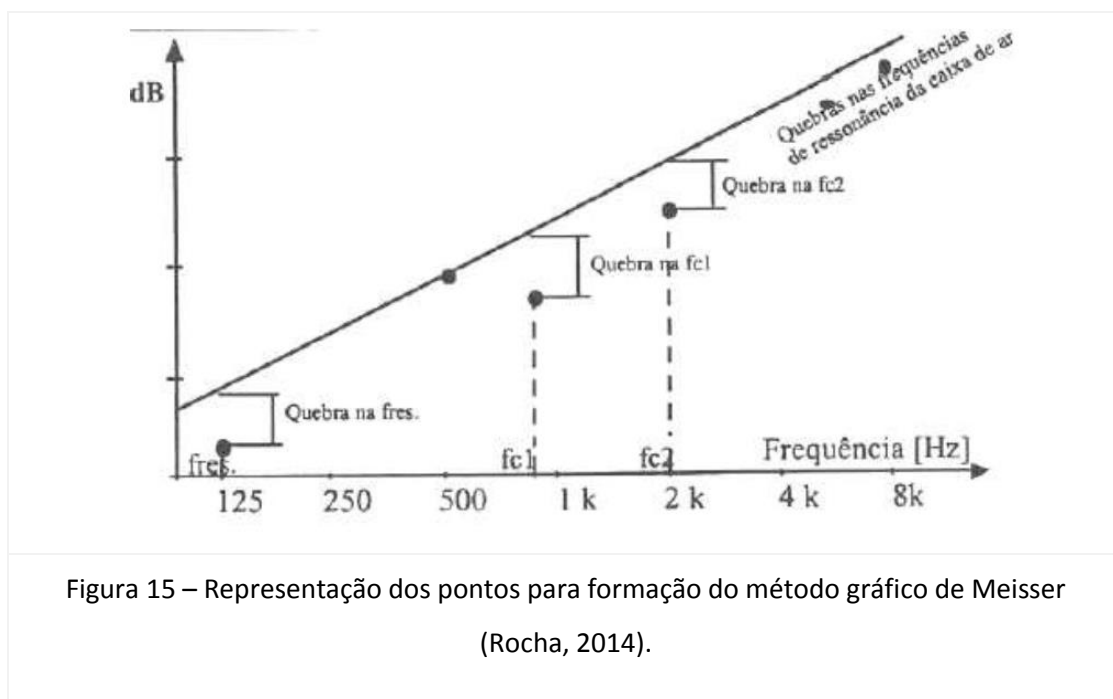
Após todos os elementos serem calculados inicia-se a representação gráfica do método. Assim, num gráfico com abcissas logarítmicas e escala linear no eixo das ordenadas, representa-se a redução sonora para frequência de 500 Hz - R_{500} e a partir desse ponto nasce uma recta de declive 6 dB/oitava, para a esquerda e direita do mesmo. Em seguida representa-se as frequências de ressonância e as frequências críticas dos dois painéis no eixo das abcissas.

No caso da frequência de ressonância toma valores de ordenada subtraindo em 4 dB o valor que o segmento de recta existente tem nessa abcissa.

Para as frequências críticas (f_{c1} e f_{c2}) o procedimento é o mesmo apenas o valor da redução sonora é 5 dB para panos diferentes ou de 9 dB para casos com panos iguais.

A redução sonora para a ressonância da caixa-de-ar é obtida pela subtração de 1 dB da recta auxiliar, como nos casos anteriores.

A Figura 15 representa a formação do gráfico de Meisser antes de traçar as retas com declives de 10, 8 e -10 dB/oitava.



Para terminar a representação gráfica do método em todos os pontos traçam-se segmentos de recta com declive 10 dB/octava até intersectarem a recta com declive 6 dB/octava inicialmente existente.

No ponto de confluência dos dois segmentos de recta (6 dB/octava e 10 dB/octava) nascem segmentos de recta com 8 dB/octava de declive.

Por fim, em cada ponto crítico traçam-se segmentos com declive -10 dB/octava. Dando origem a uma representação gráfica idêntica à da Figura 14.

Após terem sido apresentados todos os métodos teóricos de dimensionamento acústico desenvolvidos para sons aéreos (2.1.7.1 Método de Sharp e em 2.1.7.2 Método de Meisser) passa-se a apresentar o método desenvolvido para sons de percussão no item seguinte.

O Método da Norma EN 12354-2:2000 foi o escolhido entre todos os autores estudados, sendo assim unanime que é o melhor para o estudo da estimativa de valor para o isolamento a sons de percussão.

2.1.7.3 Método da Norma NP EN 12354-2:2000

Para a determinação do isolamento a sons de percussão em fase de projeto, segundo a norma EN 12354-2, existem dois métodos, o simples e o detalhado.

O detalhado permite efetuar o cálculo da transmissão dos sons de percussão por via direta, de cima para baixo, assim como, por via indireta, através do percurso horizontal que as vibrações fazem ao longo do piso até compartimentos adjacentes e inferiores ao emissor. O método simplificado apenas permite o cálculo do isolamento por via direta, de cima para baixo (Almeida, 2009).

O método simplificado foi o escolhido para a determinação do valor teórico do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, sendo a expressão (30) a responsável pelo cálculo do mesmo.

$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$	(30)
--	------

Onde:

$L_{n,w,eq}$, representa o nível de pressão sonora equivalente do som de percussão;

ΔL_w é o nível de redução do som de percussão do revestimento de piso;

K é a correção para a transmissão do ruído de percussão ocorrido pelas transmissões marginais.

Os valores dos índices utilizados para o cálculo da expressão anterior podem ser obtido por medições em laboratório (fichas técnicas), por valores deduzidos por modelos de cálculo teórico, estimados empiricamente ou tomados valores de medições efetuadas por outros autores (Silva, 2015).

A Tabela 3 dá exemplos de valores para a redução do som de percussão do revestimento do piso para diferentes casos de revestimentos flutuantes.

Tabela 3 - Exemplos de níveis de redução do som de percussão do revestimento de piso (Almeida, 2009).

Designação		Características	ΔL_w
Revestimento de piso flexível	Alcatifa	Com 3 mm de espessura	17 dB
		Com 5 mm de espessura	18 dB
		Com 8 mm de espessura	23 dB
		Com 8 mm de espessura sobre base de espuma	30 dB
	Vinílico de base flexível	Com 2 mm de camada de desgaste sobre membrana de polietileno reticulado com cerca de 1 mm.	15 dB
	Cortiça	Aglomerado de cortiça com 5 mm de espessura	15 dB
Pavimentos flutuantes	Madeira + Borracha	Pavimento de madeira colada a manta resiliente em aglomerado de borracha com 4,5 mm de espessura	21 dB
	Cerâmicos + Cortiça	Ladrilhos cerâmicos com 7 mm de espessura + aglomerado de cortiça com 6 mm de espessura	14 dB
	Mármore + Cortiça	Placas de mármore com 20 mm de espessura + aglomerado de cortiça com 6 mm	14 dB
	Parquet flutuante	Parquet de madeira + membrana de polietileno reticulado de 3mm	18 dB

De uma forma mais prática obtém-se o valor de ΔL_w através da Figura 16. Esta Figura 16 representa o método gráfico de Meisser onde a letra A representa a redução sonora do revestimento de piso - ΔL_w . É obtido através da massa por unidade de área do elemento em $\text{kg/m}^2 - m'$, representada no gráfico pela letra B, a letra C diz respeito ao valor da rigidez dinâmica da camada resiliente medida em $\text{MN/m}^3 - s'$ (Silva, 2015).

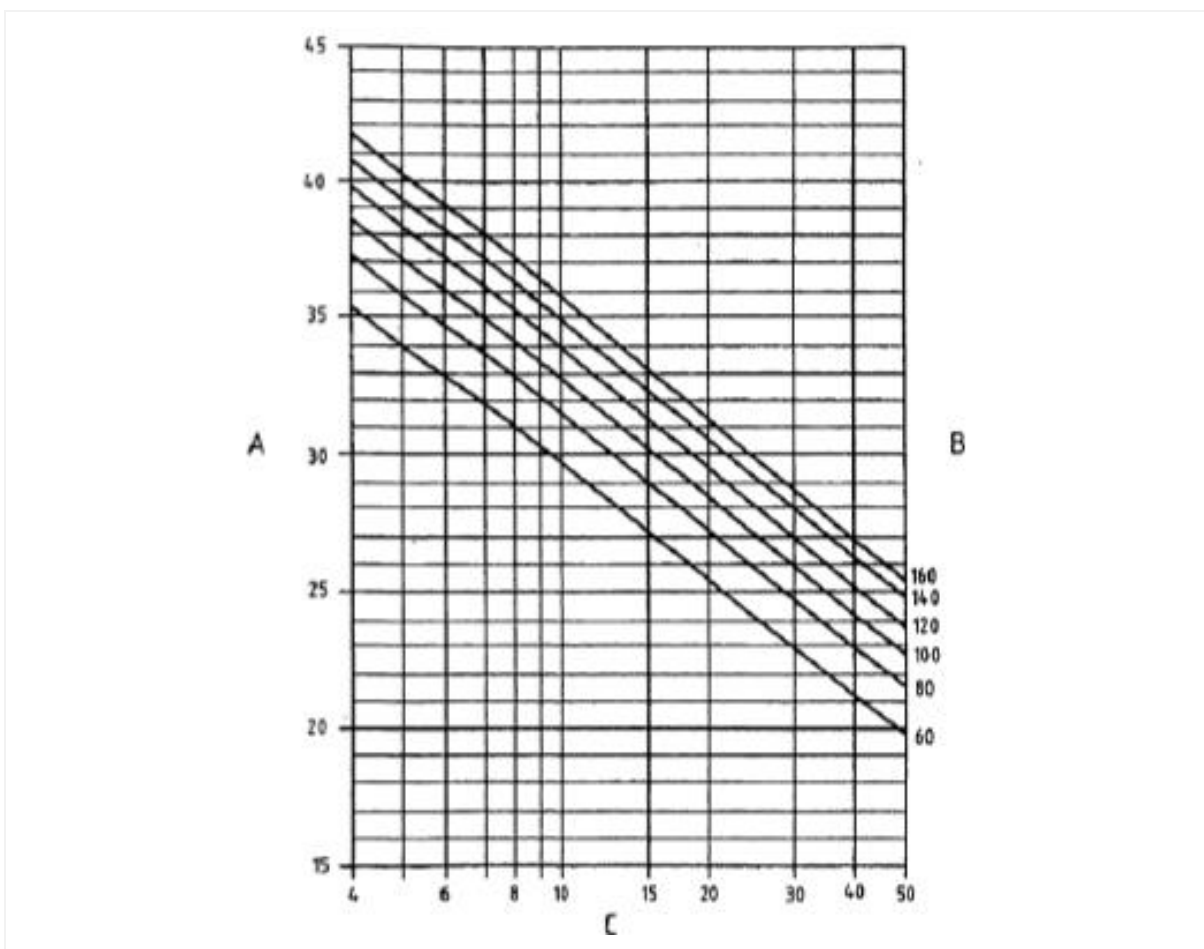


Figura 16 – Método gráfico para o cálculo de ΔL_w (Silva, 2015).

A correção do ruído transmitido pelas transmissões marginais é obtido através da Figura 17, que representa a tabela presente na norma NP EN 12354-2. Com o valor da massa superficial do pavimento e da massa superficial média das paredes não cobertas, recorre-se á tabela e obtém-se o valor de K compreendido entre 0 e 6.

Massa por unidade de área do elemento separador (pavimento) Kg/m ²	Massa média por unidade de área dos elementos marginais homogêneos não cobertos por camadas adicionais Kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Figura 17 - Determinação do valor de correção para as transmissões marginais (Silva, 2015).

O nível de pressão sonora equivalente normalizado do som de percussão é obtido através da expressão (31).

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \cdot \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) \quad (31)$$

Onde:

m' é massa por unidade do elemento (kg/m²)

m'_0 é massa de referência por unidade de área (kg/m²)

Após calculado o índice de isolamento sonoro normalizado a sons de percussão - $L'_{n,w}$ pela expressão (31), com o valor do volume do compartimento recetor temos todos os elementos para calcular o índice único de isolamento a sons de percussão $L'_{nT,w}$. Este é calculado pela expressão (32) e é o valor final a ser considerado para o isolamento a sons de percussão.

$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 * \log\left(\frac{V_{recetor}}{30}\right)$	(32)
---	------

Posto isto estão todos os índices obtidos e já é possível obter o valor teórico para transmissões diretas em elementos horizontais para o isolamento a sons de percussão produzidos.

3 CASO DE ESTUDO

3.1 APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO ESTUDADO

Este estudo desenvolve-se num edifício antigo que foi reabilitado pela empresa HCI Construções (www.hci.com). A empresa *João Moreira e Filhos*, na qual faço parte da equipa de trabalho e onde foi desenvolvido este estágio, foi subempreiteira na especialidade de carpintaria.

O edifício localiza-se na Baixa de Lisboa, entre a Rua da Misericórdia e a Rua das Gáveas, destinado a receber 12 apartamentos da tipologia T1, 4 da tipologia T2 e 1 da tipologia T3, assim como, no piso térreo da Rua da Misericórdia duas lojas que se prolongam para o piso -1 (térreo) relativamente á Rua das Gáveas.

A figura seguinte apresenta os alçados do edifício em estudo, com largura de 13,50 m e altura de 21,70 m aproximadamente.



Figura 18 – Alçados do edifício estudado. (a) Alçado Rua da Misericórdia; (b) Alçado Rua das Gáveas

Com uma área total de 1840 m², onde 1540 m² serão destinados á habitação e 300 m² serão afetos ao comércio. É um edifício misto logo com diferentes níveis de exigência acústica consoante as frações que o elemento construtivo divide. Neste trabalho, foram estudados dois tipos de pavimento que estabelecem a divisão entre dois apartamentos foram estudados. Isto é, entre a Sala/Kitchenette da fração C do Piso 4 e a Sala/Kitchenette da fração C do Piso 3 e a Sala/Kitchenette da fração A do Piso 2 e a Sala/Kitchenette da fração A do Piso 1.

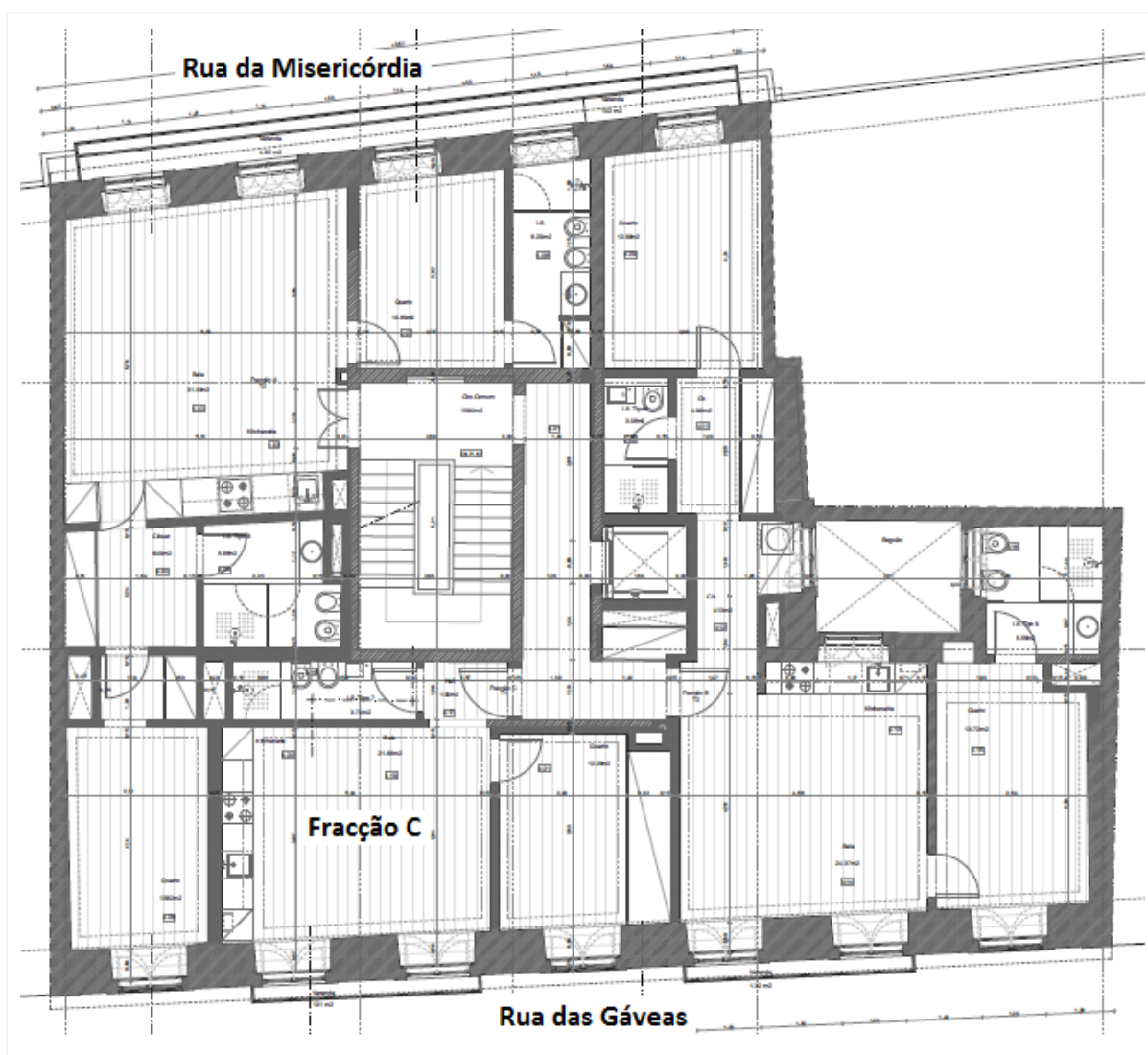


Figura 19 – Planta Piso 4 – Fracção C local de ensaio E4

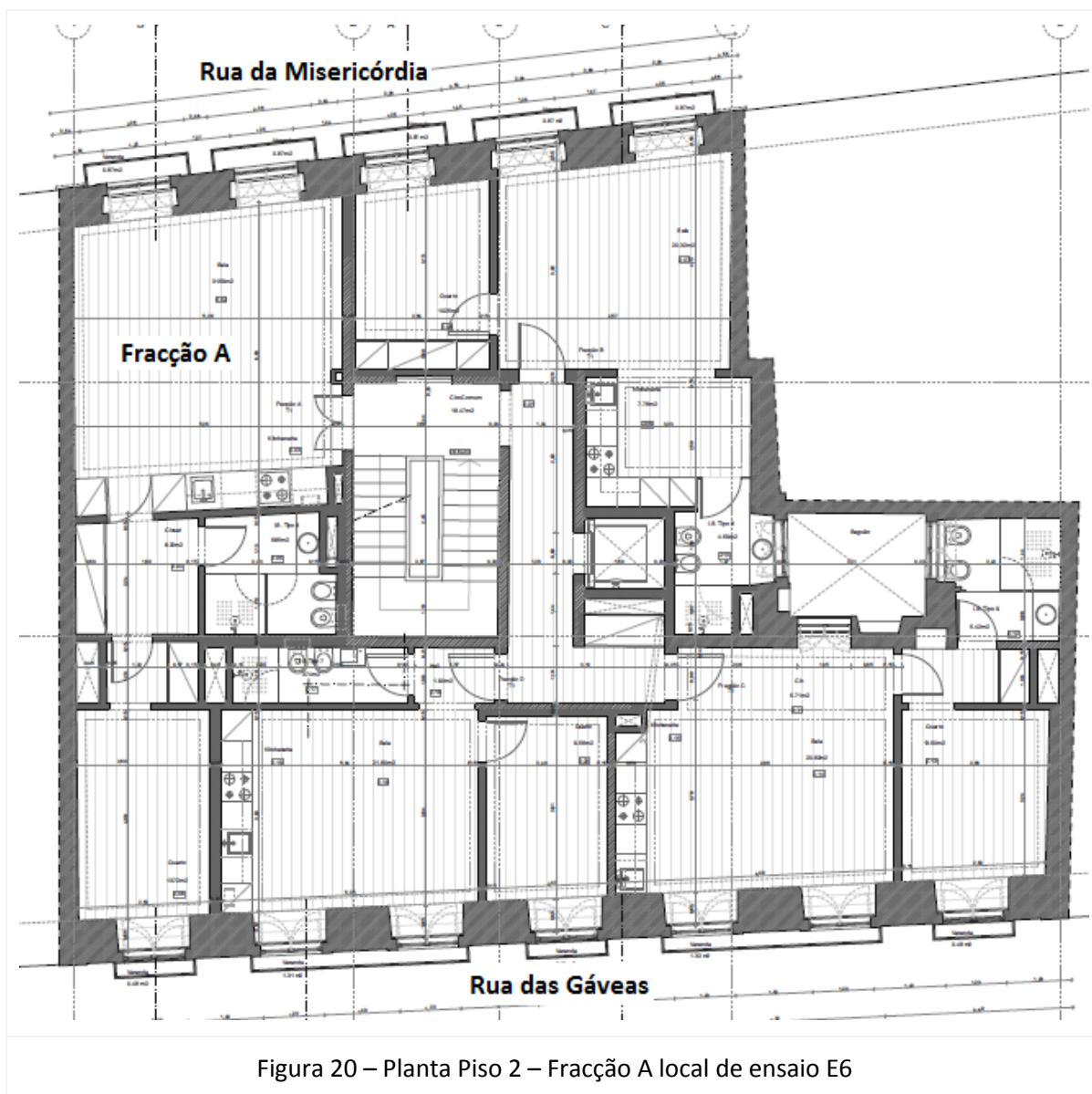


Figura 20 – Planta Piso 2 – Fracção A local de ensaio E6

A Tabela 4 realizada a partir do relatório acústico desenvolvido pela Sonometria, apresentada em 3.2, identifica os ensaios realizados, entre que compartimentos e respetivos volumes. Os casos de estudo desenvolvidos neste trabalho foram os relativos aos ensaios E4 e E6.

Todo o procedimento desenvolvido nos ensaios acústicos desenvolvidos apresentam-se em 0.

Tabela 4 - Volumes dos compartimentos ensaiados (Relatório Sonometria)

Requerente	Parimob – Investimentos Imobiliários, SA			
Local de Realização dos ensaios	Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa			
Ensaio	Emissor	Volume (m³)	Receptor	Volume (m³)
E1	Exterior; A.F.=16.5 m ²	N.A.	Sala 1º A	86.5
E2	Exterior	0	Quarto 2º B	29
E3	Sala 4º C	61	Quarto 4º A	39
E4	Sala 4º C	61	Sala 3º C	60.5
E5	Quarto 4º B	36	Quarto 4º A	31
E6	Sala 2º A	88	Sala 1º A	86.5
E7	Sala 2º A	88	Quarto 2º B	29
E8	Circulação comum 3º piso	47	Sala 3º C	60.5

3.2 ENSAIOS ACÚSTICOS – SONOMETRIA

A empresa Sonometria foi a responsável pela realização dos ensaios “*in situ*”. Sonometria é um Laboratório de acústico acreditado pelo IPAC com sede em Lisboa e uma vasta experiência em realização de ensaios em edifícios antigos com estruturas e divisórias leves.

No dia da realização dos ensaios tive a oportunidade de acompanhar e colaborar com o Eng.º João Silva na realização dos ensaios a todo o edifício.

Todos os procedimentos da realização dos ensaios foram apresentados com grande detalhe e profissionalismo. Sem dúvida que foi uma mais-valia para o desenvolvimento do trabalho pois tive a oportunidade de sentir *in situ* a intensidade dos sons que se sentem em cada compartimento, o que dá uma perceção totalmente diferente na leitura dos resultados finais.

Naturalmente que os ensaios realizados aos pavimentos retiveram maior preocupação e curiosidade da minha parte uma vez que seriam a base do trabalho a desenvolver.

3.2.1 Equipamentos utilizados

Para a realização dos ensaios acústicos foram usados equipamentos específicos devidamente calibrados e certificados para a emissão e receção dos sons aéreos e de percussão. Nas figuras seguintes estão os equipamentos com fotos exemplificativas do equipamento e características técnicas. Esta informação foi retirada do relatório técnico fornecido pela Sonometria.

Na Figura 21 está presente o Sonómetro utilizado, da marca Solo e modelo Solo Premium, devidamente calibrado com certificado nº CACV37/15 á data 12-01-2015.

O sonómetro permite fazer a medição dos níveis de pressão sonora nos compartimentos emissores e recetores e para a determinação do ruído de fundo e do tempo de reverberação.



Figura 21 – Sonómetro - Marca Solo 01 dB - Modelo Solo Premium

Em seguida a Figura 22 apresenta a máquina de percussão responsável pela emissão de ruído de percussão para a determinação do isolamento a sons de percussão. É constituído por 5 martelos alinhados de 500 g que caem de uma altura de 40 mm atingindo o pavimento a 0.033 m/s.

O certificado de calibração é EDIMI1376/13 com data de 07-10-2013.



Figura 22 – Máquina de Percussão - Marca Brüel & Kjaer - Modelo 3207

Em seguida a Figura 23 apresenta a fonte sonora responsável pela emissão de ruído aéreo para a determinação do isolamento a sons aéreos.

Constituída por um conjunto de doze colunas numa configuração dodecaédrica que faz com seja emitido um som uniforme de distribuição esférica ideal para a medição do isolamento a sons aéreos.

Não necessita de certificação de calibração como os anteriores. A manutenção é da responsabilidade da Sonometria, e é verificada com boletins de verificação do fabricante.



Figura 23 – Fonte Sonora – Marca Brüel & Kjaer - Modelo OmniPower 4292

Por fim na Figura 24 apresenta-se um amplificador que permite aumentar o sinal para que a fonte sonora produza intensidade de som suficiente para chegar aos valores regulamentares de ruído aéreo.



Figura 24 – Amplificador – Marca Norsonic - Modelo NOR280

3.2.2 Ensaio acústicos segundo a norma NP EN ISO 140-4/7

O ensaio teve início com a colocação de todo o equipamento na Sala/Kitchenette do 4º piso fracção C (Figura 19), onde posteriormente se deu começo o ensaio. O primeiro ensaio a ser realizado foi a medição do tempo de reverberação, fazendo o rebentamento de dois balões em três posições distintas do compartimento recetor.



Em seguida foi a medida o ruído de fundo do compartimento, efetuando cinco medições. Após estes dois ensaios iniciais, tiveram início aos ensaios de isolamento a sons aéreos e de percussão do pavimento em simultâneo. Por forma a rentabilizar o tempo uma vez que tinha de mudar de posição tanto a fonte sonora como a máquina de percussão.

Para os sons aéreos colocou a fonte sonora a produzir ruído com uma intensidade de 100 dB e efetuou-se cinco medições em posições distintas do sonómetro de maneira a abranger o máximo de área do local recetor, cumprindo os afastamentos regulamentares, repetindo o procedimento com a fonte sonora noutra posição.

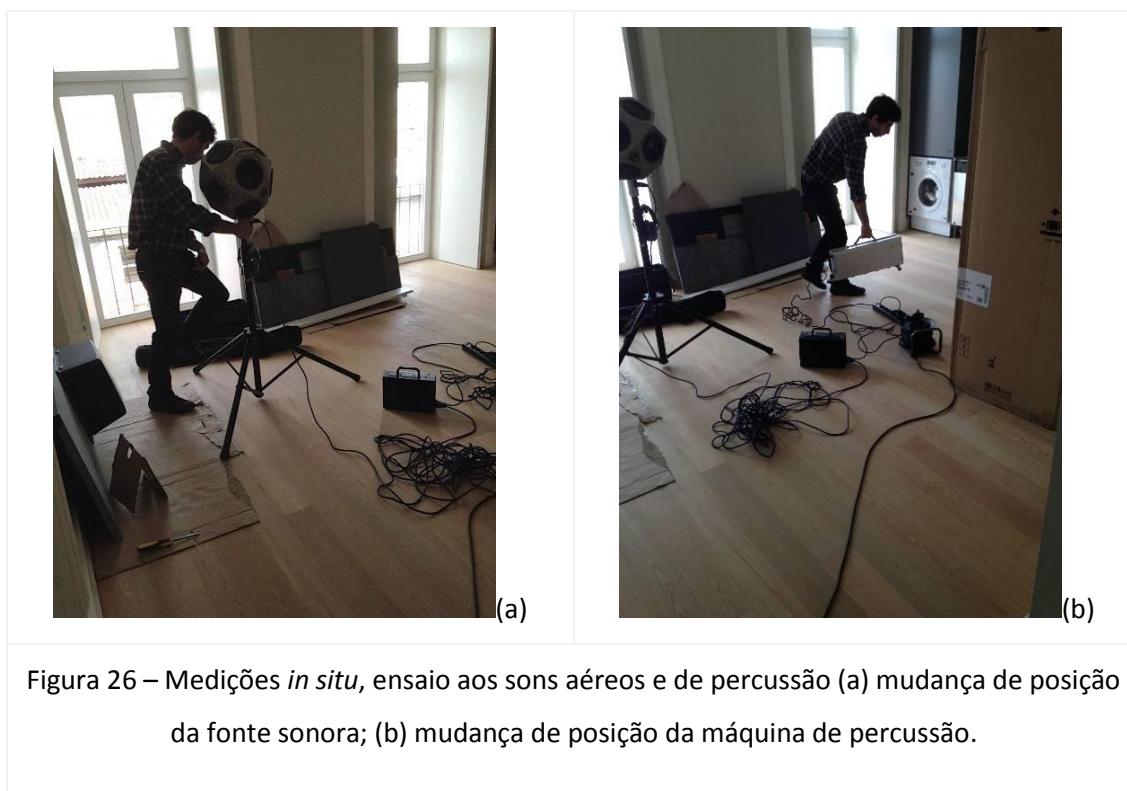


Figura 26 – Medições *in situ*, ensaio aos sons aéreos e de percussão (a) mudança de posição da fonte sonora; (b) mudança de posição da máquina de percussão.

Para a medição do isolamento aos sons de percussão para cada posição do emissor, máquina de percussão, foram feitas duas medições em posições distintas. O emissor foi colocado em quatro posições diferentes.

A realização de ensaios “*in situ*” ao pavimento estudado é a única forma que hoje em dia a Engenharia Civil tem para verificar as soluções de isolamento acústico dimensionadas em projeto, com o recurso a métodos teóricos anteriormente demonstrados.

Desta feita, os ensaios acústicos é que iram ditar se a solução adotada cumpre a legislação ou não.

A análise “*in situ*” de habitações com pavimentos em estrutura de madeira seguiu as orientações prescritas em normas europeias. Sendo a NP EN ISO 140-4 a que define todas as orientações a levar a cabo na realização de ensaios a sons aéreos entre compartimentos e a NP EN ISO 140-7 define todas as orientações mas para os ensaios a sons de percussão.

3.3 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS ANALISADAS

Na figura seguinte apresenta-se a solução construtiva do **pavimento tipo 1 estudado**. A **legenda dos diferentes constituintes** é: 1 – Soalho flutuante de Riga com 4 mm de madeira + 14 mm de contraplacado + 2 mm de cortiça; 2 – Ripa de madeira para fixação do piso com 20 mm de espessura; 3 – Manta acústica do tipo Impersom Pavimentos com 6 mm de espessura; 4 – OSB 3 com espessura 22 mm; 5 – Sistema de suporte do teto falso; 6 – Placas rígidas de lã de rocha com densidade de 100 kg/m³ com 80 mm de espessura; 7 – Caixa-de-ar com 50 mm de espessura; 8 – Gesso cartonado com 12,5 mm de espessura e 9 – Estrutura de Pinho tratado com 200x100 mm.

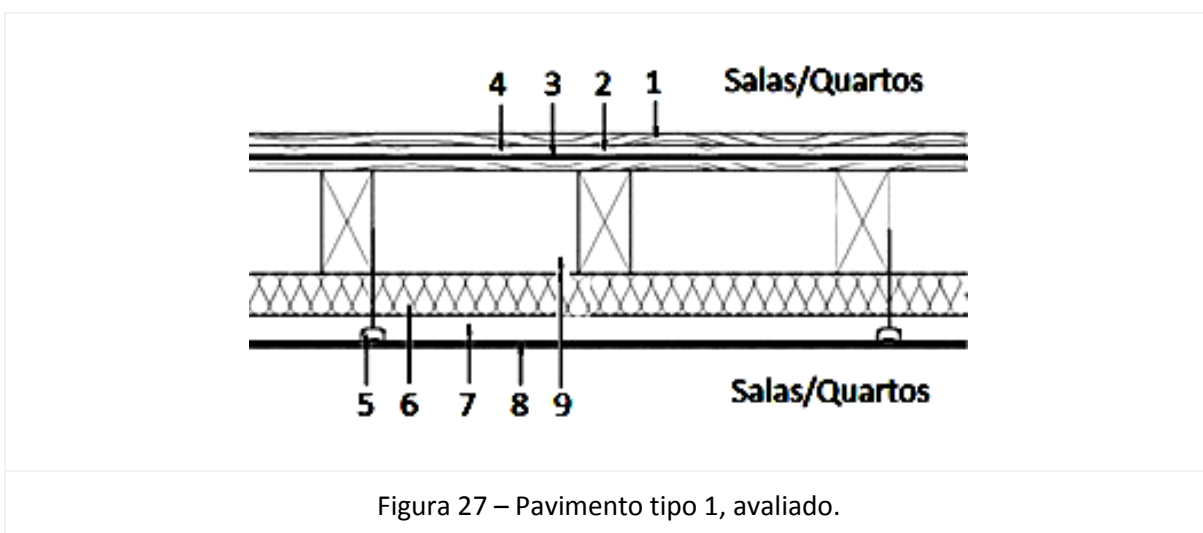


Figura 27 – Pavimento tipo 1, avaliada.

Na figura seguinte apresenta-se a solução construtiva do **pavimento tipo 2 estudado**. A **legenda dos diferentes constituintes** é: 1 – Soalho flutuante de Riga com 4 mm de madeira + 14 mm de contraplacado + 2 mm de cortiça; 2 – Ripa de madeira para fixação do piso com 20 mm de espessura; 3 – Manta acústica do tipo Impersom Pavimentos com 6 mm de espessura; 4 – OSB 3 com espessura 22 mm; 5 – Sistema de suporte do teto falso; 6 – Placas rígidas de lã de rocha com densidade de 100 kg/m³ com 80 mm de espessura; 7 – Caixa-de-ar com 160 mm de espessura (instalações técnicas e HEB 160); 8 – Gesso cartonado com 12,5 mm de espessura e 9 – Estrutura de Pinho tratado com 200x100 mm.

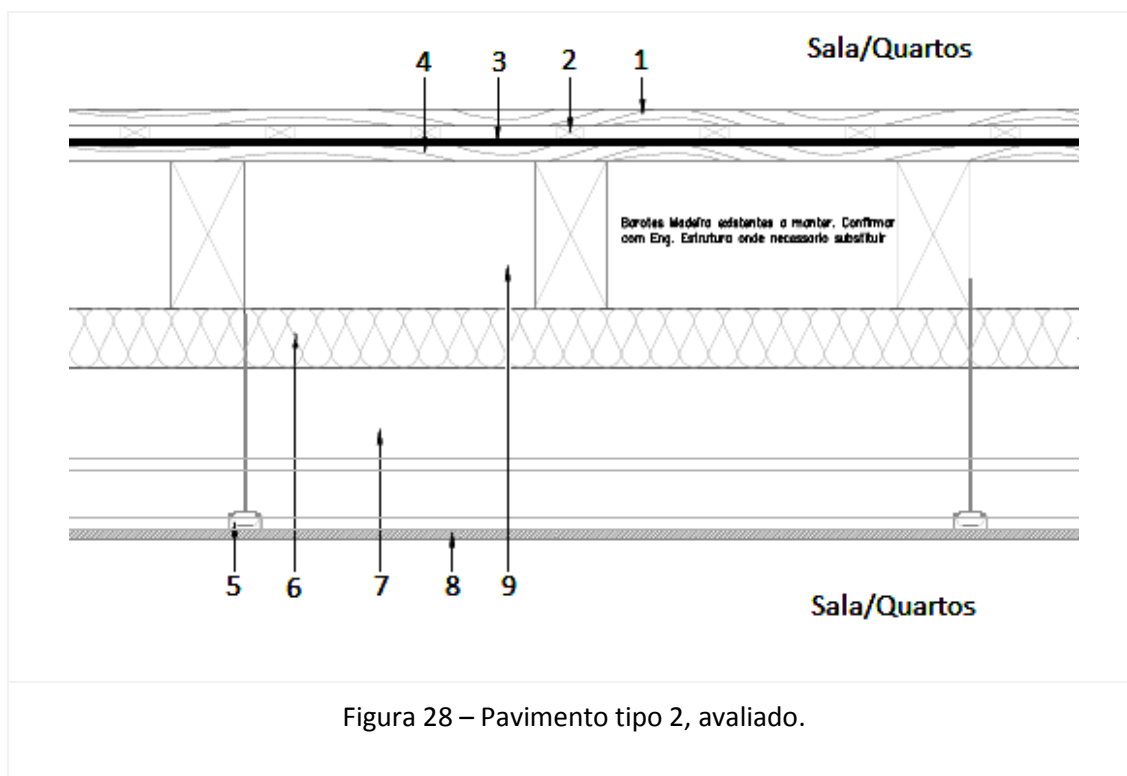


Figura 28 – Pavimento tipo 2, avaliada.

4 RESULTADOS

4.1 ENSAIOS, IN SITU

Os ensaios “in situ” dão origem a uma vasta quantidade de valores obtidos em cada medição realizada, valores esses que iram ser traduzidos num único denominado por índice de isolamento a sons de condução aérea e a sons de percussão.

Para tal, aplica-se a Norma NP EN ISO 717. Sendo a parte 1 dedicada ao cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea e a parte 2 para a obtenção do índice de isolamento sonoro a sons de percussão.

Após os ensaios e o tratamento dos dados, a Sonometria forneceu o relatório final com os valores do isolamento a sons aéreos e de percussão de todos os elementos estudados.

Na Tabela 5 faz-se a apresentação dos resultados “in situ” dos parâmetros $D_{nT,W}$ e do parâmetro $L'_{nT,W}$ para o pavimento tipo 1 estudado.

Tabela 5 – Parâmetro $D_{nT,W}$: Índice de isolamento sonoro padronizado a sons de condução aérea; e Parâmetro $L'_{nT,W}$: Nível sonoro de percussão, padronizado.

Parâmetro $D_{nT,W}$					
Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza “I” (+3dB) [dB]	Valor Limite (DL nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E04.D	Emissor – Sala 4º C Recetor – Sala 3º C	60	63	≥ 50	Verifica
Parâmetro $L'_{nT,W}$					
Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza “I” (-3dB) [dB]	Valor Limite (DL nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E04.L'	Emissor – Sala 4º C Recetor – Sala 3º C	53	50	≤ 60	Verifica

Seguidamente na Tabela 6 faz-se a apresentação dos resultados “*in situ*” dos parâmetros $D_{nT,W}$ e do parâmetro $L'_{nT,W}$ para o pavimento tipo 2 estudado.

Tabela 6 – Parâmetro $D_{nT,W}$: Índice de isolamento sonoro padronizado a sons de condução aérea e Parâmetro $L'_{nT,W}$: Nível sonoro de percussão, padronizado.

Parâmetro $D_{nT,W}$					
Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza “I” (+3dB) [dB]	Valor Limite (DL nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E06.D	Emissor – Sala 2º A Recetor – Sala 1º A	55	58	≥ 50	Verifica
Parâmetro $L'_{nT,W}$					
Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza “I” (-3dB) [dB]	Valor Limite (DL nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E06.L'	Emissor – Sala 2º A Recetor – Sala 1º A	52	49	≤ 60	Verifica

Apresentados os resultados obtidos pelos ensaios “*in situ*” passa-se para o cálculo teórico do pavimento através dos métodos anteriormente apresentados.

4.2 APLICAÇÃO DOS MODELOS TEÓRICOS DE ESTIMATIVA

4.2.1 Aplicação da lei da Massa

Aplicando o método utilizado anteriormente, calculou-se a Lei da Massa através das fórmulas aplicáveis ao método, assim na Tabela 7 está presente o cálculo do índice de isolamento do pavimento (tipo 1) por este método teórico.

Tabela 7 – Aplicação da Lei da Massa, aplicada ao pavimento tipo 1

Elemento	Material	Massa
Revestimento superior	Soalho flutuante Riga	$500 \times 0,020 = 10 \text{ kg/m}^2$
	OSB 3	$635 \times 0,022 = 13,97 \text{ kg/m}^2$
Elemento interno	Estrutura pinha tratado	$500 \times 3 \times 0,2 \times 0,1 = 30 \text{ kg/m}^2$
Revestimento interior	Gesso Cartonado	$900 \times 0,0125 = 11,25 \text{ kg/m}^2$
Massa Total (m total)		65,22 kg/m²
Cálculo do R_w		
Paramento $50 \leq m \text{ (massa)} < 100 \text{ kg/m}^2$	$R_w = 21,7 \cdot \log(m) - 2,3 + 1$	Aplicável
Paramento $100 \leq m \text{ (massa)} < 150 \text{ kg/m}^2$	$R_w = 32,4 \cdot \log(m) - 26,0$	Não aplicável
Paramento $m \text{ (massa)} \geq 150 \text{ kg/m}^2$	$R_w = 40,0 \cdot \log(m) - 45,0$	Não aplicável
Valor final do R_w		≈ 38,07 dB

Tabela 8 – Redução sonora para o pavimento tipo 1 e 2, aplicando a Lei da Massa

Pavimento	Rw
Tipo 1	38,07 dB
Tipo 2	38,07 dB

4.2.2 Aplicação do Método de Sharp, pavimento tipo 1

Para iniciar o cálculo do método do Sharp é necessário conhecer as seguintes características dos elementos que constituem o pavimento, presentes na Tabela 9. Estes valores foram obtidos com base na consulta de várias fontes como (Silva, 2015) e (Rocha, 2014). Para além deste foram consideradas fichas técnicas dos materiais utilizados e calculados alguns valores aproximadamente.

Tabela 9 – Características dos elementos constituintes do pavimento soalho flutuante

Parâmetro	Unidade	Riga	OSB	Gesso cartonado
Espessura	(m)	0,020	0,022	0,0125
Densidade	(kg/m ³)	500	635	900
Módulo de Elasticidade	(Mpa)	2000	750	2601
C _i	(m/s)	2000	1118,03	1700
Fator de perdas	η	0,02	0,02	0,01
Coefficiente Poisson	-	0,4	0,3	0,3

O cálculo do coeficiente de propagação longitudinal das ondas sonoras C_i foi calculado através da expressão (16), estando os resultados representados na Tabela 9.

Para o Soalho flutuante de Riga a velocidade do som, C_l vem:

$$C_l = \sqrt{\frac{2000 \times 10^6}{500}} (=) C_l = 2000 \text{ m/s} \quad (33)$$

Para o OSB 3 a velocidade do som, C_l vem:

$$C_l = \sqrt{\frac{750 \times 10^6}{635}} (=) C_l = 1118,03 \text{ m/s} \quad (34)$$

Para o Gesso cartonado a velocidade do som, C_l vem:

$$C_l = \sqrt{\frac{2601 \times 10^6}{780}} (=) C_l = 2995,72 \text{ m/s} \quad (35)$$

Após o cálculo e apresentação das características de cada elemento constituinte passa-se ao cálculo das frequências críticas dos painéis 1 e 2 pela expressão (11).

Tabela 10 – Cálculo da frequência crítica do primeiro e segundo elemento do pavimento dispostos antes e depois do material absorvente

Antes do material absorvente -1		Depois do material absorvente -2	
m1 (kg/m²)	10 + 13,97 = 23,97	m2 (kg/m²)	11,25
Espessura 1 (m)	0,020+0,022 = 0,042	Espessura 2 (m)	0,0125
Cl₁ (m/s)	2000	Cl₂ (m/s)	1700
$f_{c1} = \frac{0,55 \times 340^2}{2000 \times 0,042} (=) f_{c1} = 756,90 \text{ Hz}$		$f_{c2} = \frac{0,55 \times 340^2}{1700 \times 0,0125} (=) f_{c1} = 2992 \text{ Hz}$	

O elemento construtivo estudado verifica a imposição de Sharp em que $f_{c1} \leq f_{c2}$.

Posto isto passou-se ao cálculo da frequência de menor ressonância de cavidade, f_0 e frequência limite f_l .

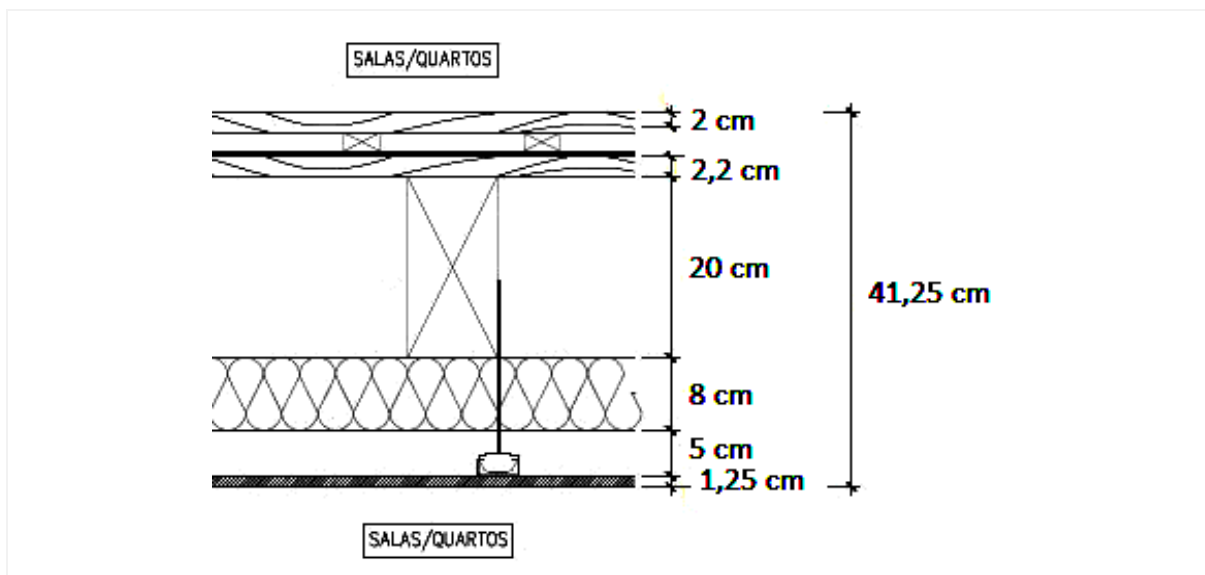


Figura 29 – Solução construtiva/pormenor cotado do pavimento tipo 1 (de cima para baixo com a legenda: 2 cm de Soalho flutuante de Riga; 2,2 cm de OSB 3; 20 cm de estrutura de pinho tratado; 8 cm de lâ de rocha 100 kg/m³; 5 cm de caixa de ar e 1,25 cm de Gesso cartonado)

A frequência de menor ressonância da cavidade e a frequência limite, são respetivamente:

$$f_0 = 80 * \sqrt{\frac{(23,97 + 11,25)}{0,33 \times 23,97 \times 11,25}} \quad (=) \quad f_0 = 50,33 \text{ Hz} \quad (36)$$

$$f_l = \frac{55}{0,33} \quad (=) \quad f_l = 166,67 \text{ Hz} \quad (37)$$

Após o cálculo de todas as frequências passa-se ao cálculo das reduções sonoras para cada ponto notável do gráfico de Sharp: A, B, C e D de acordo com a expressão seguinte em A.

$$R_a = 20 \times \log (23,97 + 11,25) + 20 \times \log (50,33) - 48 = 16,97 \text{ dB} \quad (38)$$

Uma vez que no interior da caixa-de-ar existe isolamento acústico vai ter de se verificar qual o valor mais elevado entre R_{b1} e R_{b2} . Sendo a fórmula utilizada em R_{b2} a que diz respeito aos casos com o tipo de apoio linha-linha.

Para o cálculo de R_{b2} é necessário identificar o valor da distância entre linhas de suporte, b (m), para tal é necessário conhecer a orientação das vigas estruturais. O valor de b é de 4,78 metros (maior distância entre linhas de suporte) como está apresentado na Figura 30.



Figura 30 – Pavimento tipo 1, a) orientação das vigas do 4º Piso, b) planta esquemática do piso

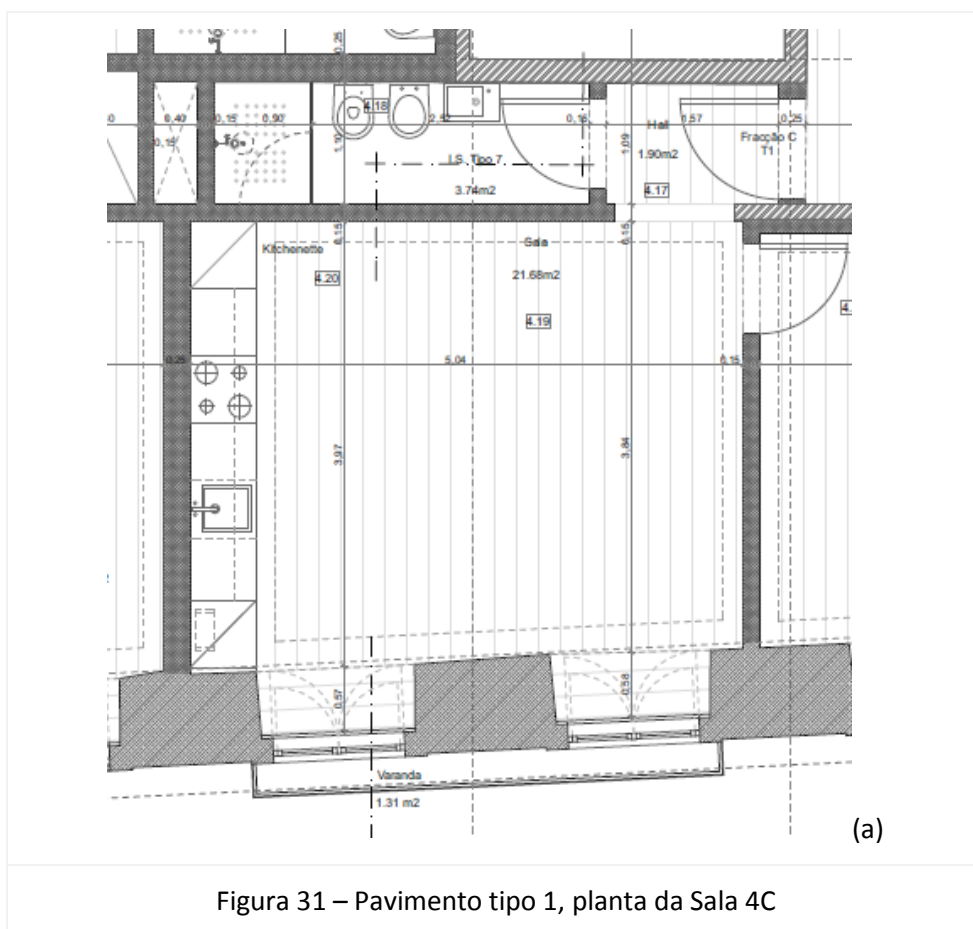


Figura 31 – Pavimento tipo 1, planta da Sala 4C

Cálculo da área da Sala 4C:

$$\text{Área} = \frac{(4,78 + 3,82) \times 5,04}{2} = 21,68 \text{ m}^2 \quad (39)$$

Cálculo de R_{b1} :

$$R_{b1} = 16,89 + 20 \times \log \left(\frac{756,90}{50,33} \right) - 6 \quad (=) \quad R_{b1} = 34,43 \text{ dB} \quad (40)$$

Cálculo de R_{b2} :

$$R_{b2} = 20 \times \log (23,97) + 10 \times \log (4,78) + 30 \times \log (2992) + 20 \times \log \left(1 + \frac{11,25 \times \sqrt{756,9}}{23,97 \times \sqrt{2992}} \right) - 78 \quad (41)$$

$$R_{b2} = 62,51 \text{ dB}$$

Uma vez que a frequência crítica entre os painéis é diferente $f_{c1} \neq f_{c2}$ então a expressão (25) é a utilizada para o cálculo de R_c , seguidamente.

$R_c = 62,51 + 6 + 10 \times \log(0,01) = 48,51 \text{ dB}$	(42)
---	------

η_2 – Fator de perdas do segundo painel

Já para R_d obtém-se:

$R_d = 16,97 + 60 \times \log\left(\frac{166,67}{50,33}\right) (=) R_d = 48,17 \text{ dB}$	(43)
--	------

Seguidamente a Tabela 3 e Tabela 11 apresentam os valores das abcissas e ordenadas para cada ponto que é representado no gráfico de Sharp para desenvolvimento do método. Sendo para o ponto A a ordenada R_a e abcissa f_0 , em seguida para o ponto B a ordenada é R_{b2} (pois é superior a R_{b1}) e a abcissa é metade do valor de f_{c2} e assim sucessivamente para os ponto C e D, dando origem aos pontos do gráfico da Figura 32.

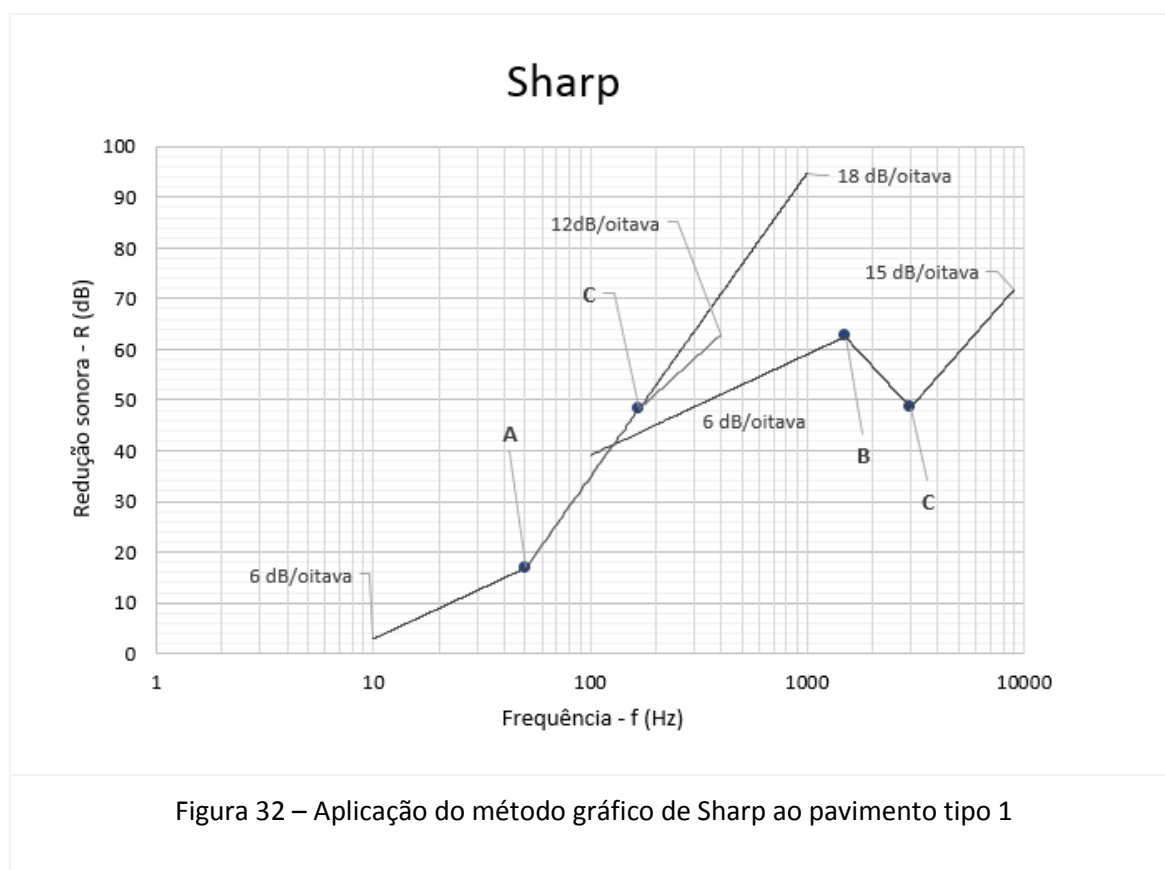
Tabela 11 – Ordenadas e Abcissas para método de Sharp (gráfico)

Ordenadas		Abcissas	
R_a	16,97 dB	f_0	50,33 Hz
R_{b2}	62,51 dB	$0,5 * f_{c2}$	1496 Hz
R_c	48,51 dB	f_{c2}	2992 Hz
R_d	48,17 dB	f_i	166,67 Hz

Aplicação dos parâmetros anteriormente calculados na execução do método gráfico de Sharp. A Figura 32 apresenta os pontos notáveis A, B, C e D que serviram de base para depois se criar as rectas com 6, 18, 12 e 15 dB/oitava para a criação do método gráfico de Sharp e retirar o valor do índice de redução sonora do pavimento estudado.

A figura foi desenvolvida em EXCEL onde se criaram rectas com declives pré definidos de acordo com o procedimento descrito no item 2.1.7.1.2.

As principais dificuldades encontradas no desenvolvimento do método gráfico foi com a criação das retas que se iniciam nos pontos notáveis com declives específicos por oitava. Sendo o gráfico criado numa escala logarítmica, torna a criação das fórmulas das rectas uma tarefa difícil.



Da figura anterior podemos concluir que o índice de redução sonora do pavimento irá rondar os 55 dB, uma vez que aos 500 Hz temos um valor dentro dessa ordem de grandeza. Para se retirar esse valor com maior exatidão apresenta-se a Tabela 12 com os valores para as frequências de 1/3 de oitava entre 100 e 3150 Hz, como definido no procedimento do item 2.1.7.1.2.

Tabela 12 – Valores de redução sonora pelo método Sharp, pavimento tipo 1

Frequência (Hz)	Recta	Fórmula da recta	Redução sonora (dB)
100	Declive 18 dB/oitava	$f(x)=26,065.\ln(x)-85,525$	34,78
125			40,59
160	Declive 6 dB/oitava	$f(x)=8,655.\ln(x)-0,7628$	43,16
200			45,09
250			47,03
315			49,03
400			51,09
500			53,02
630			55,02
800			57,09
1000			59,02
1250			60,96
1600			Recta entre B-C
2000	56,53		
2500	52,02		
3150	Declive 15 dB/oitava	$f(x)=21,152.\ln(x)-120,78$	49,60

Dos valores obtidos para a redução sonora R são ajustados à curva de referência, CR, através de iterações sucessivas de forma que a soma dos afastamentos positivos ($\Delta=CR-R$) a dividir pelo número total de bandas de frequência seja o máximo sem ultrapassar 2,0. Esta simulação é apresentada na tabela seguinte.

Tabela 13 – Tabela de definição de curva de referência (CR) em que f (frequência), R (Redução sonora), ΔCR (variação curva de redução) e $\Sigma \Delta CR$ (somatório dos afastamentos positivos)

Frequência (Hz)	R (dB)	CR (dB)	ΔCR (dB)		$\Sigma \Delta CR$ (dB)
100	34,78	36	1,22	1,22	1,8
125	40,59	39	-1,59	-	
160	43,16	42	-1,16	-	
200	45,09	45	-0,09	-	
250	47,03	48	0,97	0,97	
315	49,03	51	1,97	1,97	
400	51,09	54	2,91	2,91	
500	53,02	55	1,98	1,98	
630	55,02	56	0,98	0,98	
800	57,09	57	-0,09	-	
1000	59,02	58	-1,02	-	
1250	60,96	59	-1,96	-	
1600	61,04	59	-2,04	-	
2000	56,53	59	2,47	2,47	
2500	52,02	59	6,98	6,98	
3150	49,60	59	9,40	9,4	

Exemplificando o cálculo $\Sigma\Delta CR$ obtém-se:

$\frac{(1,22 + 0,97 + 1,97 + 2,91 + 1,98 + 0,98 + 2,47 + 6,98 + 9,4)}{16} = 1,8$	(44)
--	------

O valor do índice de redução sonora é o da curva de referência para a frequência de 500 Hz, ou seja, 55 dB para o pavimento do tipo 1.

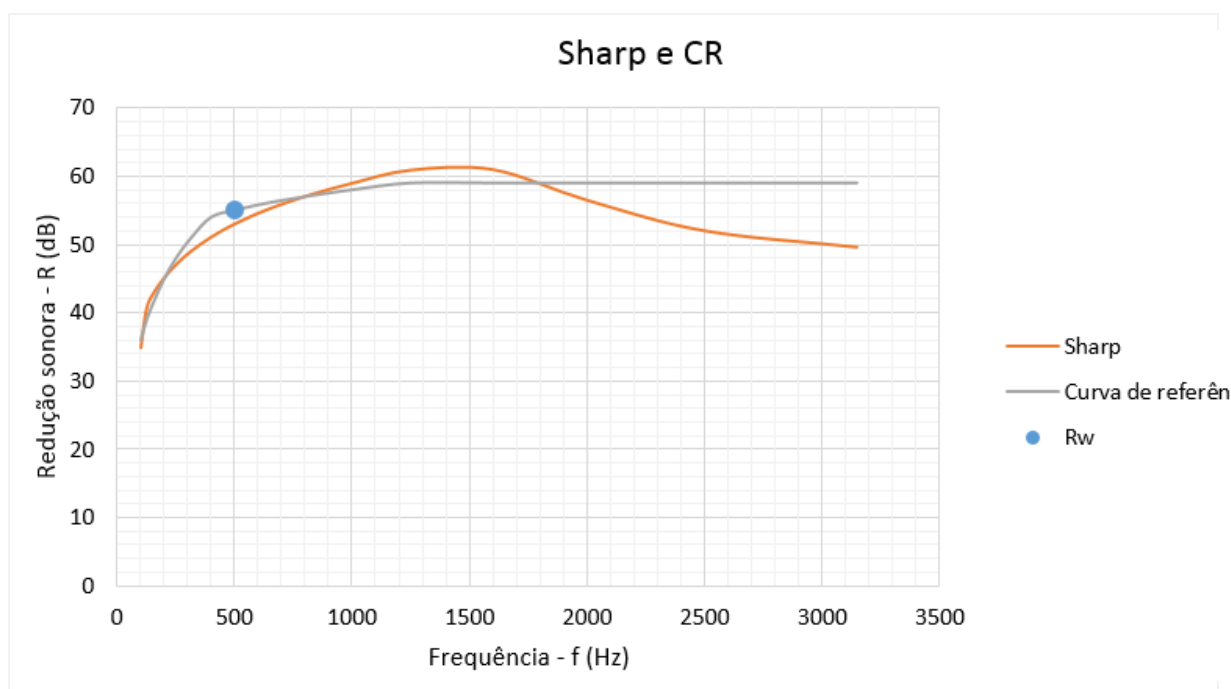


Figura 33 – Representação da curva final do método gráfico de Sharp com a curva de referência CR e o valor da R_w (índice de redução sonora)

Todo o procedimento de cálculo para o pavimento do tipo 2 para posterior comparação e verificação dos resultados obtidos, está presente no item 4.3, com a apresentação dos valores finais obtidos.

Optou-se pela demonstração de todo o procedimento de cálculo para um caso e o outro caso só se apresentar os valores para comparação e discussão.

4.2.3 Método de Meisser, pavimento tipo 1

O método inicia-se com o cálculo da redução sonora do elemento aos 500 Hz, para tal é necessário os valores presentes na Tabela 14.

Tabela 14 – Parâmetros de cálculo a expressão de R_{500}

Descrição e parâmetros		Valor	
Massa dos elementos construtivos dispostos antes do isolamento	m_1	23,97	kg/m ²
Frequência crítica do painel 1	f_{c1}	756,90	Hz
Massa dos elementos construtivos dispostos depois do isolamento	m_2	11,25	kg/m ²
Frequência crítica do painel 2	f_{c2}	2992	Hz
Frequência inicial da caixa-de-ar	f_{n1}	519,70	Hz
Contributo da caixa-de-ar e do material absorvente da caixa-de-ar	K	9	dB
Dimensão da caixa-de-ar incluindo o espaço preenchido pelo isolamento	d	0,33	m

Cálculo de R_{500} para a frequência de 500 Hz

$$R_{500} = 13,3 \times \log_{10}(23,97 + 11,25) + 9 + 13,4 (=) R_{500} = 42,97 \text{ dB} \quad (45)$$

Em seguida passa-se ao cálculo da frequência de ressonância crítica – f_0 e frequência de ressonância da caixa-de-ar – f_{n1} , respetivamente nas duas expressões seguintes.

$$f_{n1} = \frac{343 \times 1}{2 \times 0,33} (=) f_{n1} = 519,7 \text{ Hz} \quad (46)$$

$$f_0 = 84 \times \sqrt{\frac{1}{0,33} \left(\frac{1}{23,97} + \frac{1}{11,25} \right)} (=) f_0 = 52,85 \text{ Hz}$$

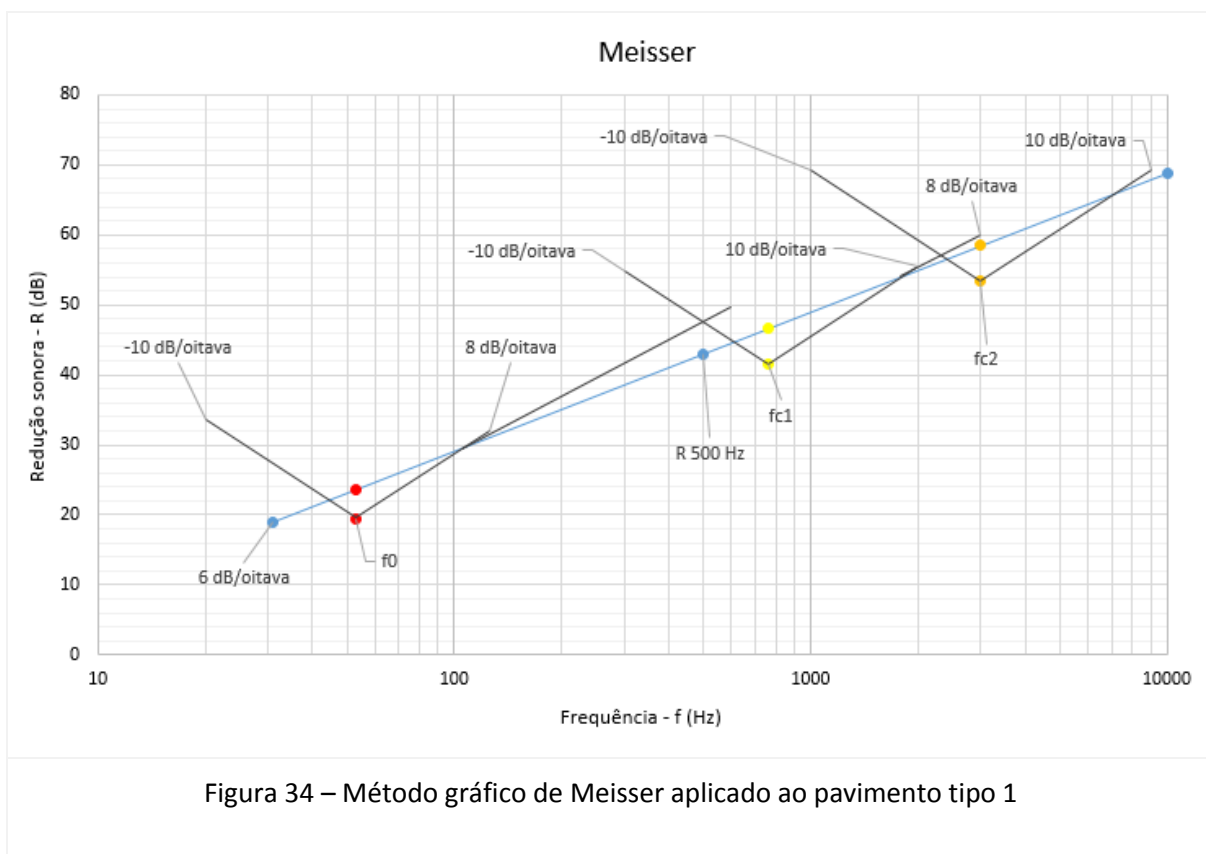
$$f_0 = 84 \times \sqrt{\frac{1}{0,33} \left(\frac{1}{23,97} + \frac{1}{11,25} \right)} (=) f_0 = 52,85 \text{ Hz}$$
(47)

Seguidamente a Tabela 15 apresenta os valores das ordenadas e abcissas dos pontos notáveis para a criação do método gráfico de Meisser.

Tabela 15 – Ordenadas e Abcissas para o método de Meisser (gráfico)

Ordenadas, valor da interceção com a recta de declive		Abcissas	
6 dB/oitava		f_0	52,85 Hz
6 dB/oitava		f_{c1}	756,9 Hz
6 dB/oitava		f_{c2}	2992 Hz
R 500 Hz	42,97 dB	R 500 Hz	500 Hz

Com aplicação dos parâmetros anteriormente calculado na execução do método gráfico de Meisser obtém-se a figura seguinte. A figura foi desenvolvida em EXCEL onde se criaram rectas com declives pré definidos de acordo com o procedimento descrito no item 2.1.7.2.



Da figura anterior podemos concluir que o índice de redução sonora do pavimento irá rondar os 49 dB, uma vez que aos 500 Hz temos um valor dentro dessa ordem de grandeza. Para se retirar esse valor com maior exatidão apresenta-se com os valores para as frequências de 1/3 de oitava entre 100 e 3150 Hz, como definido no procedimento do item 2.1.7.2.

Tabela 16 – Valores de redução sonora pelo método Meisser

Frequência (Hz)	Recta	Fórmula da recta	Redução sonora (dB)
100	Declive 10 dB/oitava	$f(x)=14,45 \cdot \ln(x)-37,81$	28,73
125	Declive 8 dB/oitava	$f(x)=11,55 \cdot \ln(x)-24,302$	31,47
160			34,32
200			36,89
250			39,47
315			42,14
400			44,90
500			47,48
630	Declive - 10 dB/oitava	$f(x)= -14,45 \cdot \ln(x)+137,35$	44,21
800	Declive 10 dB/oitava	$f(x)=14,45 \cdot \ln(x)-54,233$	42,36
1000			45,58
1250			48,81
1600			52,38
2000	Declive 8 dB/oitava	$f(x)=11,55 \cdot \ln(x)-32,506$	55,28
2500	Declive -10 dB/oitava	$f(x)= -14,45 \cdot \ln(x)+169,108$	56,05
3150	Declive 10 dB/oitava	$f(x)=14,45 \cdot \ln(x)-62,202$	54,20

Dos valores obtidos para a redução sonora R são ajustados à curva de referência, CR, através de iterações sucessivas de forma que a soma dos afastamentos positivos ($\Delta=CR-R$) a dividir pelo número total de bandas de frequência seja o máximo sem ultrapassar 2,0. Esta simulação é apresentada na tabela seguinte.

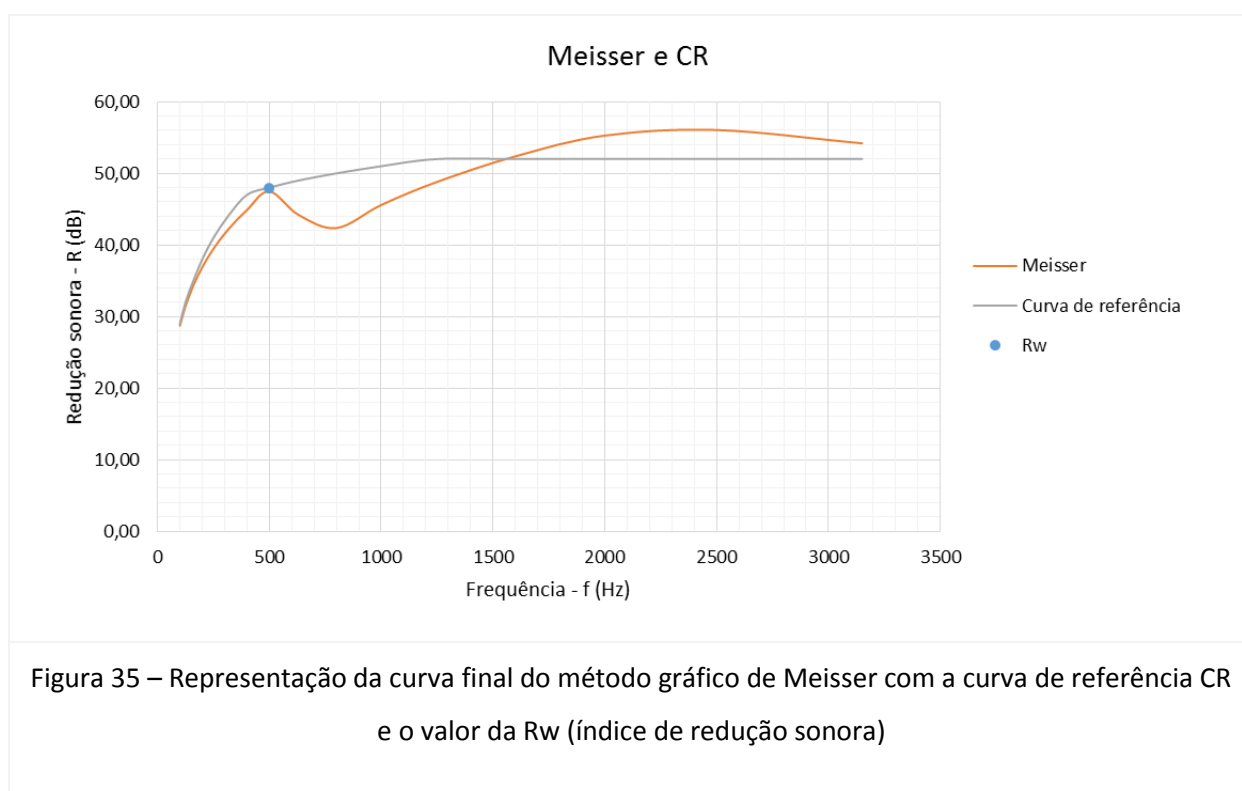
Tabela 17 – Definição de curva de referência (CR) em que f (frequência), R (Redução sonora), ΔCR (variação curva de redução) e $\Sigma \Delta CR$ (somatório dos afastamentos positivos)

Frequência (Hz)	R (dB)	CR (dB)	ΔCR (dB)		$\Sigma \Delta CR$ (dB)
100	28,73	29	0,27	0,27	1,85
125	31,47	32	0,54	0,54	
160	34,32	35	0,68	0,68	
200	36,89	38	1,11	1,11	
250	39,47	41	1,53	1,53	
315	42,14	44	1,86	1,86	
400	44,90	47	2,1	2,1	
500	47,48	48	0,52	0,52	
630	44,21	49	4,79	4,79	
800	42,36	50	7,64	7,64	
1000	45,58	51	5,42	5,42	
1250	48,81	52	3,19	3,19	
1600	52,38	52	-0,38	-	
2000	55,28	52	-3,28	-	
2500	56,05	52	-4,05	-	
3150	54,20	52	-2,20	-	

Neste caso o cálculo da soma dos afastamentos positivos $\Sigma\Delta CR$ é:

$$\frac{(0,27 + 0,53 + 0,68 + 1,11 + 1,53 + 1,86 + 2,1 + 0,52 + 4,79 + 7,64 + 5,42 + 3,19)}{16} = 1,85 \quad (48)$$

O valor do índice de redução sonora é o da curva de referência para a frequência de 500 Hz, ou seja, 48 dB para o pavimento tipo 1.



Todo o procedimento de cálculo para o pavimento do tipo 2 para posterior comparação e verificação dos resultados obtidos, está presente no item 4.3, com a apresentação dos valores finais obtidos.

Optou-se pela demonstração de todo o procedimento de cálculo para um caso e o outro caso só se apresentar os valores para comparação e discussão.

4.2.4 Método da Norma 12354-6, pavimento tipo 1

Para a determinação do índice de isolamento sonoro a sons de percussão o modelo simplificado da norma EN 12354-2 foi o escolhido e em seguida passou à aplicação do mesmo para o caso de estudo do pavimento tipo 1 com 41,25 cm de espessura total.

Os parâmetros necessários para o cálculo do índice estão representados na Tabela 18. Os valores dos parâmetros foram calculados consoante fichas técnicas dos materiais utilizados e medidas de áreas consoante projeto.

Tabela 18 – Parâmetros para o cálculo pelo método simplificado da norma EN 12354-2 pavimento tipo 1

Parâmetros		Valores	
Massa por unidade de elemento	m'	$23,97+(3*0,2*0,1*600)+11,25 =$ 71,22	kg/m ²
Massa de referência por unidade de área	m'0	1	Kg/m ²
Área do pavimento	-	21,68	m ²
Compartimento emissor – Sala 4 ^o C	Volume	61	m ³
Compartimento recetor- Sala 3 ^o C	Volume	60,5	m ³
Valor de correção para as transmissões marginais	K	0	
Redução sonora do revestimento de piso	ΔLw	18	dB

Para o cálculo do valor da massa por unidade do elemento considerou-se a participação da estrutura. Uma vez que encontra espaçada por 40 cm, em um metro quadrado considerou-se 3 metros lineares de estrutura com secção 20x10cm e massa volúmica de 600 kg/m³.

O valor do incremento de isolamento a sons de percussão, ΔL_w , foi considerada segundo os valores apresentados na Tabela 3. Uma vez que nenhum dos exemplos apresentados é exatamente aquele que temos no nosso caso, dentro dos possíveis considerou-se o valor mais apropriado a se estar do lado da segurança. Considerou-se o valor de parquet flutuante (Parquet de madeira + membrana de polietileno reticulado de 3mm) com o valor de 18 dB.

A correção relativa às transmissões marginais, K, foi obtido através da tabela da Figura 17. O valor deste é de 0, isto porque, o caso estudado tem uma massa inferior ao mínimo considerado nesta tabela. Posto isto, não se calculou a massa dos elementos da envolvente entre o recetor e o emissor que radiam som.

Com todos os elementos devidamente calculados e justificados calculou-se o valor de cada parâmetro consoante a apresentação do método em 2.1.7.3.

Cálculo do nível de pressão sonora equivalente do som de percussão segundo expressão (31)

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \times \log_{10} \left(\frac{71,22}{1} \right) (=) L_{n,w,eq} = 99,16 \text{ dB} \quad (49)$$

Cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de percussão segundo expressão (30)

$$L'_{n,w} = 99,16 - 18 + 0 (=) L'_{n,w} = 81,15 \text{ dB} \quad (50)$$

A Tabela 19 apresenta os valores do índice de pressão sonora equivalente do som de percussão ($L_{n,w,eq}$) e o índice de isolamento sonoro a sons de percussão ($L'_{n,w}$) para o pavimento de tipo 1 e 2. Os valores observados na tabela são iguais para ambos os tipos uma vez que os parâmetros que dão origem a estas são iguais nos dois pavimentos. Relembro que os pavimentos apenas diferente na espessura da caixa-de-ar.

Assim sendo, no cálculo do índice único de isolamento a sons de percussão ($L'_{nt,w}$) é que já entram outros parâmetros que vão alterar os valores para cada tipo de pavimento.

Tabela 19 – Valores de $L_{n,w,eq}$ (nível de pressão sonora equivalente do som de percussão) e $L'_{n,w}$ (índice de isolamento sonoro a sons de percussão) dos pavimentos Tipo 1 e 2

Parâmetro/Pavimento	Tipo 1	Tipo 2
$L_{n,w,eq}$	99,16 dB	99,16 dB
$L'_{n,w}$	81,15 dB	81,15 dB

4.3 SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Em síntese deste capítulo retemos como de maior relevância os valores dos índices de isolamento a sons aéreos e de percussão medidos *in situ* e calculados pelos métodos teóricos.

Assim sendo, na Tabela 20 estão representados os valores da redução sonora obtida pelos métodos de Sharp e Meisser. Para além destes também se calculou a redução sonora pela Lei da massa, mas optou-se por não se apresentar os resultados uma vez que não é um método utilizado nos pavimentos leves e não trás qualquer conclusão relevante para o estudo em causa.

Tabela 20 – Valores de redução sonora pelos métodos gráficos, Sharp e Meisser

Método	Pavimento	Redução Sonora – Rw
Sharp	Tipo 1	55 dB
	Tipo 2	56 dB
Meisser	Tipo 1	48 dB
	Tipo 2	48 dB

Com os valores de Rw (Redução Sonora), pelo método simplificado de cálculo das transmissões marginais, podemos calcular o valor teórico do índice de isolamento a sons aéreos, $D_{nT,w}$, através da seguinte expressão:

$$D_{nT,w} = R_w + \left[10 * \log \left(\frac{0,16 * V}{S * T_0} \right) - K_{TM} \right] \quad (51)$$

Sendo:

V – Volume do compartimento recetor (m^3)

S- Área do elemento de separação (m^2)

K_{TM} – constante que atende ao efeito das transmissões marginais que em geral assume valores entre 0 e 7 dB

Na Tabela 21 estão representados os valores de cálculo utilizados para a determinação de $D_{nT,w}$ teórico e os valores deste índice obtidos para cada tipo de pavimento em estudo. No caso da constante para o efeito das transmissões marginais o valor é de 0 uma vez que se trata de um pavimento leve e estas não são consideradas, assim o cálculo é feito pelo lado a segurança.

Tabela 21 – Valores de $D_{nT,w}$ teórico nos pavimentos Tipo 1 e 2

Parâmetros/Valores	Valores/Tipo 1	Valores/Tipo 2
V (m ³)	60,5 m ³	86,5 m ³
S (m ²)	21,68 m ²	31,59 m ²
R _w - Sharp	55 dB	56 dB
R _w – Meisser	48 dB	48 dB
D _{nT,w} - Sharp	54,51 dB	55,43 dB
D _{nT,w} - Meisser	47,51 dB	47,43 dB
D _{nT,w} (Regulamentar)	≥ 50 dB	≥ 50 dB

Nota: O valor regulamentar tem uma tolerância de 3 dB por se tratar de uma intervenção de reabilitação

Quanto ao cálculo do índice de isolamento aos sons de percussão a norma EN 12354-2 permite determinar o mesmo através da metodologia apresentada em 2.1.7.3. A Tabela 22 apresenta os parâmetros para o cálculo de $L'_{nt,w}$ através da expressão (32) com a apresentação do mesmo para ambos os pavimentos estudados.

Cálculo do índice único de isolamento a sons de percussão para o pavimento tipo 1

$$L'_{nt,w} = 81,15 - 10 \times \log_{10}\left(\frac{60,5}{30}\right) (=) L'_{nt,w} = 78,11 \text{ dB} \quad (52)$$

Tabela 22 – Valores de $L'_{n,w}$ (índice de isolamento a sons de percussão) e $L'_{nt,w}$ (índice único de isolamento a sons de percussão) do pavimento do Tipo 1 e 2

Parâmetro/Pavimento	Tipo 1	Tipo 2
Volume *	60,5 m ³	86,9 m ³
$L'_{n,w}$	81,15 dB	81,15 dB
$L'_{nt,w}$	78,11 dB	76,55 dB

*Volume do compartimento recetor

A Tabela 23 contém todos os valores finais calculados para ambos os tipos de pavimento analisados.

Tabela 23 – Valores D'_{ntw} e L'_{nTw} medidos *in situ* e calculados/estimados pelos modelos teóricos

Local	Parâmetro	Tipo 1 (dB)	Tipo 2 (dB)
In situ	D'_{ntw}	60 (a)	55 dB
	L'_{nTw}	53 (a)	52 dB
Sharp	Rw	55	56
	D'_{nTw}	54,51	55,43
Meisser	Rw	48	48
	D'_{ntw}	47,51	47,43
EN 12354-2	L'_{nTw}	78,11	76,55

(a) Sem o incremento da incerteza de 3 dB

4.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados obtidos nas medições *in situ* verificam os valores regulamentares presentes na Figura 3. Verificam, tanto para, valores regulamentares entre habitações, como entre habitação e comércio que tem valores mais exigentes.

Na Tabela 23 verifica-se que no cálculo do isolamento a sons aéreos o método gráfico de Sharp tem valores mais próximos dos reais comparativamente com o método de Meisser, no pavimento tipo 1 e 2.

Apenas o método gráfico de Sharp verifica os valores regulamentares do índice de isolamento a sons de aéreos - D'_{nTw} , superior ou igual a 50 dB.

Quanto ao método gráfico de Meisser, deu valores diferentes do esperado para cada tipo de pavimento, Tipo1 e Tipo2. A única diferença, entre os dois pavimentos, é na espessura de caixa-de-ar. No pavimento tipo 1 a caixa-de-ar é menor que a caixa-de-ar do tipo 2. O valor da redução do pavimento tipo 1 deveria ser inferior ao tipo 2, o que não se verificou. Ambos estão na mesma ordem de grandeza, 47 dB.

Ainda assim, os valores obtidos pelo método gráfico de Meisser fazem sentido quando comparados com as soluções construtivas estudadas por Rocha (2014).

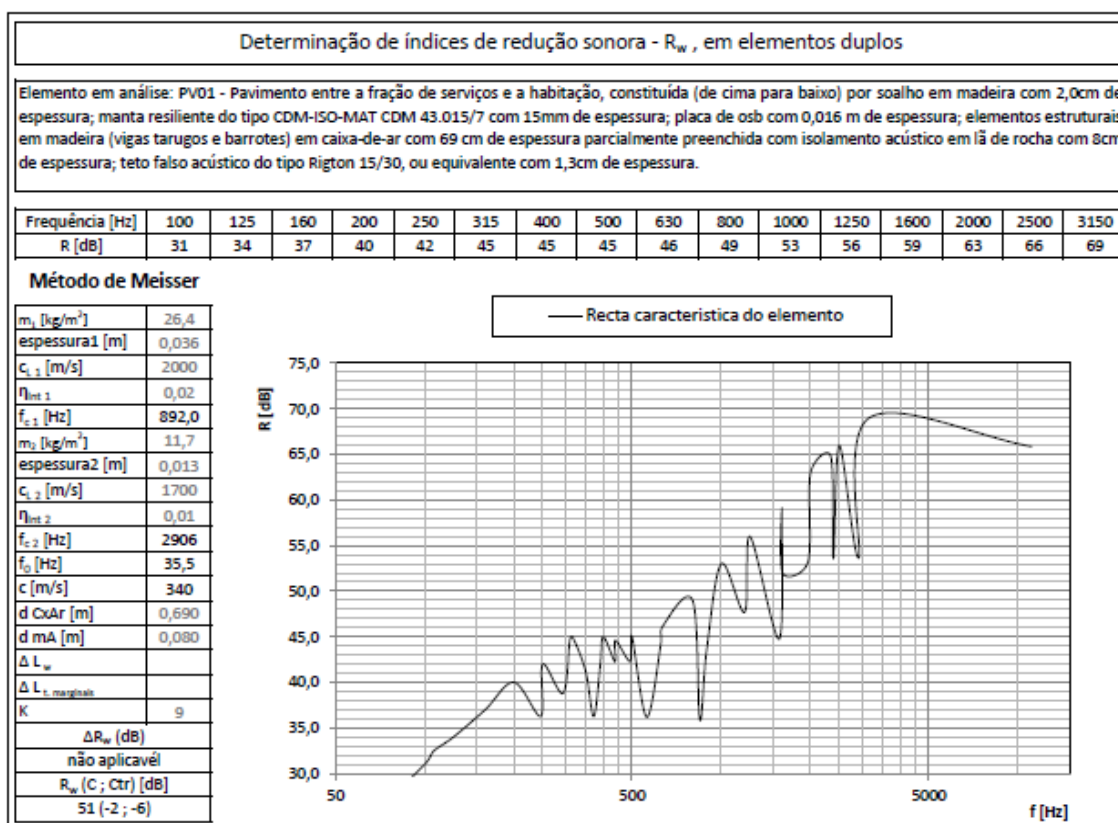
Na Figura 39 e Figura 37 apresentam-se os dois pavimentos PV1 e PV2 respetivamente, estudados por Rocha (2014) utilizando o método gráfico de Meisser.

Verifica-se que o pavimento PV1 tem um valor de índice de redução sonora – R_w - de 51 dB com uma caixa-de-ar de 61 cm e o pavimento PV2 um valor de índice de redução sonora de 48 dB com uma caixa-de-ar de 12 cm de espessura.

Entre os dois pavimentos temos uma diferença de 3 dB onde a caixa-de-ar é responsável por esse acréscimo, uma vez que o resto da constituição é igual. Assim, pode-se inferir que a cada 13 cm de caixa-de-ar poderá ser plausível/possível um aumento de 1 dB, no valor do índice de redução sonora.

Aplicando esta premissa aos pavimentos tipo 1 e 2, do nosso caso de estudo, verifica-se uma diferença de 11 cm entre as caixas-de-ar dos pavimentos. Todavia, não se aumenta 1 dB no índice de redução sonora segundo o método gráfico de Meisser. Resultando assim numa igualdade de valores de redução sonora entre os pavimentos.

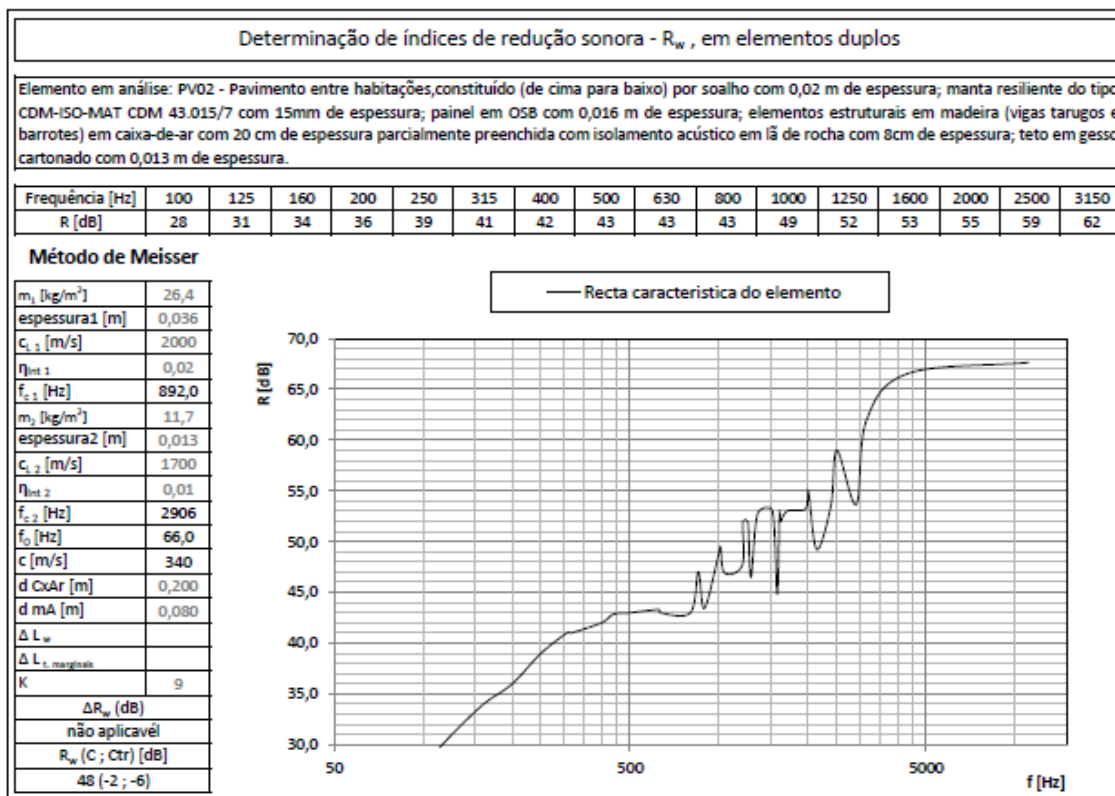
O pavimento tipo 1 é bastante idêntico/similar ao pavimento PV2 de Rocha (2014). Comparando os resultados de ambos os pavimentos apenas diferem em 1 dB, no índice de redução sonora, R_w .



Rua Gonçalves Zarco, n.º 1129B, sala 406, 4450-685 Leça da Palmeira, Portugal
 NIFC 507905130 • Tel 220160464 • Fax 220160466 • geral@aslassociados.com

1/1

Figura 36 – Resultados obtidos pelo pavimento considerando o método gráfico de Meisser – Edifício Caso B – PV01 (Rocha, 2014)



Rua Gonçalves Zarco, n.º 11298, sala 406, 4450-685 Leça da Palmeira, Portugal
 NIFC 507905130 • Tel 220160464 • Fax 220160466 • geral@aslassociados.com

1/1

Figura 37 – Resultados obtidos pelo pavimento seguindo medições considerando o método de Meisser – Edifício Caso B – PV02 (Rocha, 2014)

No índice único de isolamento a sons de percussão a norma NP EN 12354-2:2000 dá origem a valores bastante diferentes dos obtidos *in situ*, com diferenças na ordem de valores de 25 dB. Torna-o assim, num tipo de método pouco viável para o dimensionamento a este tipo de pavimento.

Segundo Rocha (2014), nos casos de estudo do PV1 e PV2 anteriormente apresentados, no cálculo do valor do índice único de isolamento aos sons de percussão - $L'_{nT,w}$ - os valores seguem os valores calculados pela norma NP EN 12354-2 para os pavimentos tipo 1 e 2 do caso de estudo desenvolvido neste estudo.

A Figura 38 e Figura 39 apresentam os valores obtidos por Rocha (2014) na determinação do isolamento a sons aéreos e de percussão e temos um valor de $L'_{nT,w}$ para PV1 de 63 dB e para PV2 de 78 dB. Uma vez que, nos pavimentos do nosso estudo estamos com valores de $L'_{nT,w}$ de 78,11 para o tipo 1 e de 76,55 dB para o tipo 2, podemos concluir que estamos dentro da ordem de grandeza de outros autores e que o método é plausível de ser aplicado.

Determinação do isolamento a sons aéreos e de percussão entre compartimentos de pisos diferentes									
Regulamentos aplicáveis: RGR e RRAE									
Situação em análise:		Comércio - habitação piso 1							
Classificação do edifício						Edifícios habitacionais, mistos e unidades hoteleiras		Zona mista	
Elemento	R_w [dB]	m [kg/m ²]	Isolamentos		m separação	Junta Rígida			
			Emissor	Receptor		Tipo	K_{R1} [dB]	K_{R2} [dB]	K_{CR} [dB]
Pav. de separação - PV01	51,0	38,1	0,0	0,0					
Parede lateral 1 - PI01	61,0	758,0	0,0	0,0		T	-3,0	15,3	15,3
Parede lateral 2 - PI01	61,0	758,0	0,0	0,0	0,1	T	-3,0	15,3	15,3
Parede lateral 3 - PI02	47,0	23,4	12,0	12,0	1,6	T	8,9	6,0	6,0
Parede lateral 4 - PE01	69,0	1382,0	0,0	0,0	0,0	T	-2,4	19,6	19,6
Dimensão 1-2 do elem. de separação [m]				7,97		Volume [m ³]		122,5	
Dimensão 3-4 do elem. de separação [m]				4,95		T_0 [s]		0,5	
Laje separação		Parede lateral 1		Parede lateral 2		Parede lateral 3		Parede lateral 4	
R_w (PL1-d)	78,3	R_w (PL1-PL1)	64,9	R_w (PL2-PL2)	64,9	R_w (PL3-PL3)	83,0	R_w (PL4-PL4)	75,6
R_w (PL2-d)	78,3	R_w (D-PL1)	78,3	R_w (D-PL2)	78,3	R_w (D-PL3)	64,0	R_w (D-PL4)	88,6
R_w (PL3-d)	76,0								
R_w (PL4-d)	88,6								
R'_w [dB]	50,4	164 - 35 x log (m') [dB]		108,7		$D_{nT,w}$ [dB]		44	
m'	320,0	$L'_{nT,w}$ sem laje flutuante [dB]		64,5		Regulamentar:		58 KO!	
K [dB]	4,0	L_{Ea}		12,9		$L'_{nT,w}$ [dB], inverso		63	
ΔL_w [dB]	0,0	S_n		39,8		Regulamentar:		50 KO!	

Figura 38 – Resultados obtidos para sons de percussão – Edifício Caso B – PV01, Rocha (2014)

Determinação do isolamento a sons aéreos e de percussão entre compartimentos de pisos diferentes									
Regulamentos aplicáveis: RGR e RRAE									
Situação em análise:		Habitação (piso2) - habitação (piso 1)							
Classificação do edifício		Edifícios habitacionais, mistos e unidades hoteleiras						Zona mista	
Elemento	R _w [dB]	m [kg/m ²]	Isolamentos		m _{separação}	Junta Rígida			
			Emissor	Receptor		Tipo	K _{ff} [dB]	K _{fd} [dB]	K _{df} [dB]
Pav. de separação - PV02	48,0	38,1	0,0	0,0	-	-	-	-	-
Parede lateral 1 - PI01	61,0	758,0	0,0	0,0	0,1	T	-3,0	15,3	15,3
Parede lateral 2 - PI01	61,0	758,0	0,0	0,0	0,1	T	-3,0	15,3	15,3
Parede lateral 3 - PI02	47,0	23,4	12,0	12,0	1,6	X	12,6	9,0	9,0
Parede lateral 4 - PE01	69,0	1382,0	0,0	0,0	0,0	T	-2,4	19,6	19,6
Dimensão 1-2 do elem. de separação [m]			7,97			Volume [m ³]		122,5	
Dimensão 3-4 do elem. de separação [m]			4,95			T ₀ [s]		0,5	
Laje separação		Parede lateral 1		Parede lateral 2		Parede lateral 3		Parede lateral 4	
R _w (PL1-d)	76,8	R _w (PL1-PL1)	64,9	R _w (PL2-PL2)	64,9	R _w (PL3-PL3)	86,6	R _w (PL4-PL4)	75,6
R _w (PL2-d)	76,8			R _w (D-PL1)	76,8	R _w (D-PL2)	76,8	R _w (D-PL3)	65,5
R _w (PL3-d)	77,5								
R _w (PL4-d)	87,1								
R' _w [dB]	47,7	164 - 35 x log (m ²) [dB]		108,7		Regulamentar:			
ΔTM [dB]	2	ΔL _w [dB]		27,0		D _{nT,w} [dB]	48	50	KO!
m _{pavimento}	38,1					L' _{n,w} [dB]	78	60	KO!

Figura 39 – Resultados obtidos para sons de percussão – Edifício Caso B – PV02, Rocha (2014)

Para além de Rocha (2014), noutra referência bibliográfica, Silva (2015) retirou-se uma imagem, apresentada na Figura 40, que diz respeito a um estudo desenvolvido pelo Mateus (2009). Nessa figura, são apresentados diversos tipos de pavimentos analisados e são apresentados os valores da redução sonora a sons aéreos - R_w e a sons de percussão L'_{n,w}.

Os nossos pavimentos (tipo 1 e tipo2) aproximam-se em termos de constituição ao pormenor construtiva b) com valores de R_w entre 45 a 50 dB e L'_{n,w} 58 a 63 dB.

Os valores do nosso caso de estudo têm segundo o método de Sharp R_w do tipo 1 - 55 dB e R_w do tipo 2 - 56 dB, quanto ao L'_{n,w} temos 81,15 para os dois casos. Os valores de R_w andam próximos os de L'_{n,w} é que faz alguma diferença.

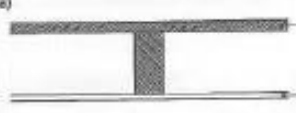
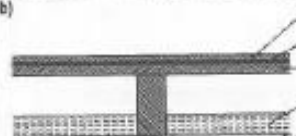

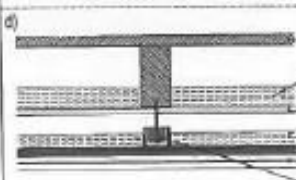
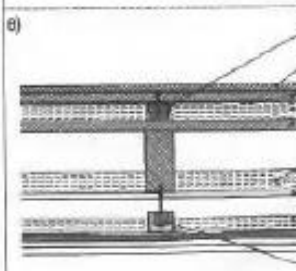
Pormenor construtivo	Índices de isolamento previstos	
	R_w	L_{wv} ↓
<p>a)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Solho em madeira (50 mm) Forno em gesso cartonado (12,5 mm) 	35 a 40 dB	80 a 85 dB
<p>b)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Parquet flutuante (12 mm) Camada resiliente (3 a 5 mm) Solho em madeira (20 mm) Material fonoabsorvente (40 mm) Forno em gesso cartonado (12,5 mm) 	45 a 50 dB	58 a 63 dB
<p>c)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Régua antivibratória (30 a 40 mm) Parquet flutuante (12 mm) Contraplatado ou OSB (16 mm) Material fonoabsorvente Solho em madeira (20 mm) Material fonoabsorvente (40 mm) Forno em gesso cartonado (12,5 mm) 	52 a 57 dB	< 55 dB
<p>d)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Solho em madeira (20 mm) Material fonoabsorvente (40 mm) Forno em gesso cartonado (12,5 mm) Material fonoabsorvente (40 mm) 2 placas de gesso cartonado Apóio de suspensão antivibratório 	54 a 59 dB	65 a 70 dB
<p>e)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Régua antivibratória (30 a 40 mm) Parquet flutuante (12 mm) Contraplatado ou OSB (16 mm) Material fonoabsorvente Solho em madeira (20 mm) Material fonoabsorvente (40 mm) Forno em gesso cartonado (12,5 mm) Material fonoabsorvente (40 mm) 2 placas de gesso cartonado Apóio de suspensão antivibratório 	60 a 65 dB	< 50 dB

Figura 40 – Resultados obtidos para sons de aéreos e de percussão para pavimentos estudados (Mateus, 2009)

5 CONCLUSÕES

Não obstante ser um estágio que decorreu numa empresa *João Moreira & Filhos, Lda.*, este trabalho apresenta uma abordagem científica de metodologias de estimativa de comportamento acústico de soluções construtivas leves.

Este trabalho permitiu realizar uma comparação do comportamento acústico de soluções construtivas utilizadas em pavimentos leves, entre as medições *in situ* e os métodos de cálculo/estimativa teóricos específicos para este tipo de solução construtiva.

Assim, conclui-se que, existem métodos teóricos capazes de estimar de forma aproximada o comportamento acústico de soluções construtivas leves, neste caso confirmadas com as medições realizadas em ensaios acústicos desenvolvidos *in situ*.

Na estimativa, o método teórico mais adequado é o método gráfico de Sharp. Permite chegar a valores similares/próximos dos valores obtidos com os ensaios *in situ*. O método gráfico de Sharp tem uma aplicabilidade mais intuitiva e menos trabalhosa que o método gráfico de Meisser.

Conclui-se também que, a Lei da Massa não é aplicável em pavimentos sem massa incorporada. Nestes pavimentos, também designados por pavimentos leves, o seu comportamento acústico não pode ser estimado pela aplicação da Lei da Massa. Ou seja, é um método completamente desenquadrado/falível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, G. (2009). *Análise de soluções construtivas para a verificação de requisitos térmicos e acústicos em edifícios de habitação.* Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Bies, D.; Hansen, C. (2003). *Engineering noise control : theory and practice.* 3ª Edição. London: Spon Press.

CEN (2000). *“Bulding acustics. Estimation of acustic performance of buldings from the performance of elemento. Part 2: Impact sound insulation between rooms”,* EN 12354-2: 2000.

Costa, A. (2008). *Desenvolvimento e Caracterização do comportamento acústico de um novo bloco para paredes duplas.* Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

D.L. n.º53, (2014). *Decreto-Lei n.º53/2014 de 8 de Abril.* Diário da República – 1ª Série-A n.º69. 2014.

Freitas, V. (2012). *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos.* Ordem dos Engenheiros Região Norte. ISBN: 9789729991875.

Mateus, D. (2009). *Comportamento acústico de pavimentos (lajes) – soluções leves VERSUS soluções pesadas.* Construção Magazine. Página 35. 2ª Edição.

RRAE (2008). *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, Decreto-Lei n.º96/2008 de 9 de Junho.* Diário da República – 1ª Série-A n.º12. 2008.

RGR (2007). *Regulamento Geral sobre o Ruído, Decreto-Lei n.º9/2007 de 17 de Janeiro.* Diário da República – 1ª Série-A n.º12. 2007.

Rocha, R. (2014). *Condicionamento Acústico e Certificação Energética de Edifícios.* Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Silva, P. (1978). *Acústica de Edifícios, ITE 8.* LNEC.

Silva, R. (2015). *Caracterização acústica de pavimentos da casa burguesa portuense.* Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

ANEXOS

Relatório dos ensaios acústicos desenvolvidos *in situ* - Sonometria



Avaliação Acústica

Medições de: Isolamento sonoro a sons de aéreos de fachada e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro, Método global com altifalante, Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro, Isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro.

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

Referência do Relatório: 16.155.INDC.Rt1.Vrs1

Local do Ensaio: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Artigos a verificar: Artigo 5º - Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras

Tipo de Edifício: Edifício Misto

Processo: _____

Data dos Ensaios ppv/01/v0: 4/20/2016

Data do Relatório ppv/01/v0: 4/28/2016

Total de Páginas : 27
(anexos incluídos)

SONOMETRIA

MEDIÇÕES DE SOM, PROJECTOS ACÚSTICOS,
CONSULTORIA, HIGIENE E SEGURANÇA, LDA
URB. COUNAS DE BARCARENA
RUA DAS AZEVIHAS, Nº22 B | 2730-270 BARCARENA

NC 504704746

t 214 264 806 | f 214 264 808

comerdal@sonometria.pt

www.sonometria.pt

GPS 38°44'19.83"N ; 9°17'18.47"O

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório.
Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.155.INDC.Rt1.Vrs1
Página 1 de 27

ÍNDICE

1	CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO	3
1.1.	Descrição e Objectivo	3
1.2.	Dados Identificadores dos Ensaio	4
1.3.	Metodologia	4
1.4.	Instrumentação	4
1.5.	Programas Informáticos	5
2.	CONTEXTO LEGISLATIVO E PROCEDIMENTOS DE MEDIDA E DE CÁLCULO	5
2.1.	Definições	5
2.2.	Contexto Legislativo	6
3.	RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES	8
3.1	Resultados Obtidos	8
3.2	Conclusões	10
	ANEXOS	11
A	CERTIFICADO DE ACREDITAÇÃO (L0535)	12
B	TABELAS / GRÁFICO DAS MEDIÇÕES E CÁLCULOS	15

1 CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO

1.1. Descrição e Objectivo

A seguinte tabela apresenta os parâmetros determinados, bem como os respectivos métodos de medição, cálculo utilizados e n.º de ensaios realizados:

Ensaio	Método de Avaliação/Cálculo	Parâmetro	N.º de Ensaios Realizados
a	NP EN ISO 140-5 :2009; NP EN ISO 717-1 :2013; Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	$D_{2n,T,w}$	2
b	NP EN ISO 140-4 :2009; NP EN ISO 717-1 :2013; NP EN ISO 140-14:2012; Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	$D_{n,T,w}$	6
c	NP EN ISO 140-7 :2008; NP EN ISO 717-2 :2013; NP EN ISO 140-14:2012; Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	$L'_{n,T,w}$	5
TOTAL DE ENSAIOS REALIZADOS			13

Parâmetros:

- :: Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro- $D_{2n,T,w}$
- :: Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro – $D_{n,T,w}$
- :: Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro – $L'_{n,T,w}$

Os critérios de amostragem encontram-se fora do âmbito de acreditação.

Os ensaios têm como objectivo:

:: Verificar se os espaços analisados possuem as condições de instalação exigidas pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), que regula a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação, contribuindo para a melhoria da qualidade do ambiente acústico em articulação com o regime jurídico relativo ao ruído ambiente.

:: Quantificar em termos dos parâmetros analisados, , para verificação do Dec.-Lei nº 96/2008, em particular o Artigo 5º– Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras.

1.2. Dados Identificadores dos Ensaio

Requerente	Parimob - Investimentos Imobiliários, SA			
Processo	---			
Local de Realização dos ensaios	Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa			
Ensaio	Emissor (*)	Volume [m ³]	Receptor	Volume [m ³]
E1	Exterior; A.F. = 16.5 m ²	N.A.	Sala 1ªA	86.5
E2	Exterior	0	Quarto 2ªB	29
E3	Sala 4ªC	61	Quarto 4ªA	39
E4	Sala 4ªC	61	Sala 3ªC	60.5
E5	Quarto 4ªB	36	Quarto 4ªA	31
E6	Sala 2ªA	88	Sala 1ªA	86.5
E7	Sala 2ªA	88	Quarto 2ªB	29
E8	Circulação comum 3º piso	47	Sala 3ªC	60.5

Nota: (*) no caso de ensaio de isolamento de fachada, por emissor refere-se o exterior e indica-se em A.F. a área da fachada em causa, não sendo aplicável (N.A.) neste caso o volume do emissor.

1.3. Metodologia

Os ensaios acústicos e cálculos apresentados no presente relatório foram realizados de acordo com as normas e legislação aplicáveis, e referidas no Parágrafo 2 seguinte.

1.4. Instrumentação

As medições foram efectuadas com recurso a equipamento de medição e ensaio adequado, nomeadamente:

TIPO	Ref. Intema	CARACTERÍSTICAS			RASTREABILIDADE		
		Marca	Modelo	Certificado de calibração /Data	Organismo de Verificação Metroológica	Boletim de Verificação	Data da última Verificação
Solo	01dB	Solo 01 dB	Solo Premium	CACV37/15 12-01-2015	I.S.Q.	Solo 245.70/15.33245	12-01-2015
Filtros do sonómetro	Solo - Filtros	01dB	Solo	CACV1130/13 07-10-2013		Solo - Cal. Filtros CACV1130-13-1C	07-10-2013
Calibrador	CAL-Solo-1	Rion	NC-74	CACV875/13 06-08-2013		Solo - Cal Calib. CACV1231/15	29-10-2015
Fonte sonora	Fonte Sonora Brüel & Kjaer	Brüel & Kjaer	Omnipower 4292 S/N: 021019		Sonometria (Avaliação Interna)	FBruel.Rit.01Vrs.01_2015	17-06-2015
Amplificador	Norsonic AMP 1	Norsonic	NOR280				
Máquina de Percussão	Percussão 3	Brüel & Kjaer	3207	EDIM1376/13 07-10-2013	I.S.Q. (Calibração)	Bruel Maq.Percussão - EDIM1376-13-1C	07-10-2013

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório. Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.155.INDC.Rit1.Vrs1
Página 4 de 27

Previamente ao início das medições, foi verificado o bom funcionamento do sonómetro, bem como os respectivos parâmetros de configuração.

No início e no final de cada série de medições procedeu-se à calibração do sonómetro. O valor obtido no final do conjunto de medições não diferiu do inicial mais do que 0,5 dB(A).

Quando este desvio é excedido o conjunto de medições não é considerado válido e é repetido com outro equipamento conforme ou depois de identificado e devidamente corrigida a causa do desvio, de acordo com os procedimentos definidos no Manual da Qualidade do Laboratório.

1.5. Programas Informáticos

Software específico 01dB – dBBati Ver. 5, associado ao Analisador 01dB Solo, para controle e medição “in situ”, registo informático, processamento e posterior cálculo dos vários índices e parâmetros, de acordo com Normalização aplicável e Legislação em vigor. Software Microsoft Excel para Cálculos auxiliares e Microsoft Word para Emissão dos relatórios.

2.CONTEXTO LEGISLATIVO E PROCEDIMENTOS DE MEDIDA E DE CÁLCULO

2.1.Definições

O presente relatório apresenta os resultados práticos dos seguintes ensaios:

:: Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro - $D_{2m, nT, w}$;

Definição: Diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2 m da fachada do edifício ($L_{1,2m}$), e o nível médio de pressão sonora medido no local de recepção (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$D_{2m, nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \text{ Log}(T/T0) \text{ [dB]}$$

Métodos de medição / cálculo : NP EN ISO 140-5 :2009 ; NP EN ISO 717-1 :2013; Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012

:: Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro - $D_{nT, w}$;

Definição: Diferença entre o nível médio de pressão sonora medido no compartimento emissor (L_1), produzido por uma ou mais fontes sonoras, e o nível médio de pressão sonora medido no compartimento receptor (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log}(T/T0) \text{ [dB]}$$

Métodos de medição / cálculo : NP EN ISO 140-4 :2009 ; NP EN ISO 717-1 :2013; NP EN ISO 140-14:2012; Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012

:: Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro – $L'_{nT, w}$;

Definição: Nível sonoro médio (L_1), medido no compartimento receptor, proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$L'_{nT} = L_1 - 10 \text{ Log}(T/T0) \text{ [dB]}$$

Métodos de medição / cálculo : NP EN ISO 140-7 :2008 ; NP EN ISO 717-2 :2013; NP EN ISO 140-14:2012; Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012

:: Medição do tempo de reverberação— T;

Definição: Intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial.

Métodos de medição / cálculo : NP EN ISO 3382-2:2011

2.2.Contexto Legislativo

Para garantir a obtenção de resultados fiáveis, as medições foram efectuadas de acordo com os procedimentos descritos na normalização aplicável referenciada anteriormente.

Os valores obtidos foram comparados com os parâmetros estipulados no Dec.-Lei nº 96/2008, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), que entrou em vigor em 1 de Julho de 2008, nomeadamente neste caso, o Artigo 5º— Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras:

**Decreto-Lei nº96/2008 de 9 de Junho,
Regulamento dos Requisitos Acústicos Dos
Edifícios (RRAE)**

Capítulo II - Artigo 5.º - Edifícios habitacionais e mistos

1 — Os edifícios e as suas fracções que se destinem a usos habitacionais ou que, para além daquele uso, se destinem também a comércio, indústria, serviços ou diversão, 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 do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos 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)

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) Os valores limite dos índices referidos nas subalíneas i) e ii) são acrescidos de 3 dB, quando se verifique o disposto no n.º 7 do artigo 12.º do Regulamento Geral do Ruído;

iv) Quando a área translúcida for superior a 50 % do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2m,nT,w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_w 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 compartimentos de um fogo, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de outro fogo, como locais receptores, deve satisfazer o seguinte:

$$D_{nT,w} \geq 50 \text{ dB}$$

c) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,w}$ entre locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais receptores, deve satisfazer o seguinte:

i) $D_{nT,w} \geq 48$ dB;

ii) $D_{nT,w} \geq 40$ dB, se o local emissor for um caminho de circulação vertical, quando o edifício seja servido por ascensores;

iii) $D_{nT,w} \geq 50$ dB, se o local emissor for uma garagem de estacionamento automóvel;

d) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,w}$ entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais receptores, deve satisfazer o seguinte:

$$D_{nT,w} \geq 58 \text{ dB}$$

e) No interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais receptores, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$ proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte:

$$L'_{nT,w} \leq 60 \text{ dB}$$

f) A disposição estabelecida na alínea anterior não se aplica, se o local emissor for um caminho de circulação vertical, quando o edifício seja servido por ascensores;

g) No interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais receptores, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$ proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos de locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte:

$$L'_{nT,w} \leq 50 \text{ dB}$$

h) No interior dos quartos e zonas de estar dos fogos, o nível de avaliação, $L_{A,nT}$, do ruído particular de equipamentos colectivos do edifício, tais como ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, postos de transformação de corrente eléctrica e instalações de escoamento de águas, deve satisfazer o seguinte:

i) $L_{A,nT} \leq 32 \text{ dB (A)}$, se o funcionamento do equipamento for intermitente;

ii) $L_{A,nT} \leq 27 \text{ dB (A)}$, se o funcionamento do equipamento for contínuo;

iii) $L_{A,nT} \leq 40 \text{ dB (A)}$, se o equipamento for um grupo gerador eléctrico de emergência.

2 — *Nas unidades hoteleiras e para efeito de aplicação dos requisitos das alíneas anteriores, deverá considerar-se que cada quarto equivale a um fogo.*

3 — *A determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2n,nT,w}$ ou $D_{nT,w}$, do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$ e do nível de avaliação, $L_{A,nT}$, deve ser efectuada em conformidade com o disposto na normalização portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional.*

4 — *Na determinação das componentes tonais do nível de avaliação, $L_{A,nT}$, é adoptada a metodologia definida no anexo I ao Regulamento Geral do Ruído.*

5 — *Nas avaliações in situ destinadas a verificar o cumprimento dos requisitos acústicos dos edifícios deve ser tido em conta um factor de incerteza, I , associado à determinação das grandezas em causa.*

6 — *O edifício, ou qualquer dos seus fogos, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:*

a) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2n,nT,w}$ ou $D_{nT,w}$, acrescido do factor 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 factor I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;

c) O valor obtido para o nível de avaliação, $L_{A,nT}$, diminuído do factor I no valor de 3 dB (A), satisfaça o limite regulamentar.

7 — *O ruído proveniente do funcionamento de equipamentos de carácter privativo, como sejam os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, adstritos a uma determinada fracção habitacional, deve ser enquadrado no disposto no artigo 24.º do D.L. 09/2007 -Regulamento Geral do Ruído (Ruído de vizinhança).*

8 — *Aos edifícios situados em zonas históricas que sejam objecto de acções de reabilitação, mantendo uma das vocações de uso previstas no presente artigo e a mesma identidade patrimonial, podem aplicar-se os requisitos constantes das alíneas b) a g) do n.º 1, com uma tolerância de 3 dB.*

In Diário da República, 1.ª série — N.º 110 — 9 de Junho de 2008

3.RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

3.1 Resultados Obtidos

A partir das medições efectuadas "in situ" e dos cálculos resultantes, apresentados em Anexo, obtêm-se os valores seguintes para os índices de isolamento sonoro. No quadro estão indicados os valores finais, corrigidos da Incerteza "I" (tabelada no RRAE), e seu enquadramento com os valores limite estabelecidos no âmbito do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, Dec-Lei 96/2008.

Parâmetro $D_{2m,nT,w}$: Índice de isolamento sonoro padronizado a sons de condução aérea de fachada

Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza "I" (+3 dB) [dB]	Valor limite (Dec-Lei nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E01.D ₂	Emissor - Exterior Receptor - Sala 1ªA	38	41	≥ 33	VERIFICA
E02.D ₂	Emissor - Exterior Receptor - Quarto 2ªB	36	39	≥ 33	VERIFICA

Nota: a área translúcida do elemento de fachada em análise é inferior a 60%, logo não há lugar a qualquer correcção adicional.

Parâmetro $D_{nT,w}$: Índice de isolamento sonoro padronizado a sons de condução aérea

Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza "I" (+3 dB) [dB]	Valor limite (Dec-Lei nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E03.D	Emissor - Sala 4ºC Receptor - Quarto 4ªA	59	62	≥ 50	VERIFICA
E04.D	Emissor - Sala 4ºC Receptor - Sala 3ºC	60	63	≥ 50	VERIFICA
E05.D	Emissor - Quarto 4ªB Receptor - Quarto 4ªA	65	68	≥ 50	VERIFICA
E06.D	Emissor - Sala 2ªA Receptor - Sala 1ªA	55	58	≥ 50	VERIFICA
E07.D	Emissor - Sala 2ªA Receptor - Quarto 2ªB	62	65	≥ 50	VERIFICA
E08.D	Emissor - Circulação comum 3º piso Receptor - Sala 3ºC	37	40	≥ 40	VERIFICA

Parâmetro $L'_{nT,W}$: Nível sonoro de percussão, padronizado

Ensaio	Local de Ensaio	Valor medido [dB]	Valor medido corrigido da Incerteza "r" (-3 dB) [dB]	Valor limite (Dec-Lei nº96/2008) [dB]	Verificação do Limite Regulamentar
E03.L'	Emissor - Sala 4°C Pavimento no emissor: flutuante em madeira Receptor - Quarto 4ªA	48	45	≤ 60	VERIFICA
E04.L'	Emissor - Sala 4°C Pavimento no emissor: flutuante em madeira Receptor - Sala 3°C	53	50	≤ 60	VERIFICA
E05.L'	Emissor - Quarto 4ºB Pavimento no emissor: flutuante em madeira Receptor - Quarto 4ªA	50	47	≤ 60	VERIFICA
E06.L'	Emissor - Sala 2ªA Pavimento no emissor: flutuante em madeira Receptor - Sala 1ªA	52	49	≤ 60	VERIFICA
E07.L'	Emissor - Sala 2ªA Pavimento no emissor: flutuante em madeira Receptor - Quarto 2ºB	47	44	≤ 60	VERIFICA

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório. Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.155.INDC.Rit1.Vs1
Página 9 de 27

3.2 Conclusões

- O Ensaio E01.D₂ entre o emissor "Exterior" e o receptor "Sala 1ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E02.D₂ entre o emissor "Exterior" e o receptor "Quarto 2ªB" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E03.D entre o emissor "Sala 4ªC" e o receptor "Quarto 4ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E04.D entre o emissor "Sala 4ªC" e o receptor "Sala 3ªC" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E05.D entre o emissor "Quarto 4ªB" e o receptor "Quarto 4ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E06.D entre o emissor "Sala 2ªA" e o receptor "Sala 1ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E07.D entre o emissor "Sala 2ªA" e o receptor "Quarto 2ªB" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E08.D entre o emissor "Circulação comum 3º piso" e o receptor "Sala 3ªC" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E03.L' entre o emissor "Sala 4ªC" e o receptor "Quarto 4ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E04.L' entre o emissor "Sala 4ªC" e o receptor "Sala 3ªC" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E05.L' entre o emissor "Quarto 4ªB" e o receptor "Quarto 4ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E06.L' entre o emissor "Sala 2ªA" e o receptor "Sala 1ªA" VERIFICA o limite regulamentar.
- O Ensaio E07.L' entre o emissor "Sala 2ªA" e o receptor "Quarto 2ªB" VERIFICA o limite regulamentar.

(4/28/2016) 49940004

Elaborado:



NUNO MEDINA
(Técnico de Laboratório)

Verificado e Aprovado por:



JOÃO PEDRO SILVA
(Eng.º Mc., D.F.A. Eng.ª Acústica)



ANEXOS

- A | Certificado de Acreditação (L0535)
- B | Tabelas e Gráficos das Medições e Cálculos

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório.
Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.155.INDC.Rrt1.Vs1
Página 11 de 27



L0535
Ensaios



A | Certificado de Acreditação (L0535)

INSTITUTO PORTUGUÊS DE ACREDITAÇÃO **IPAC**
acreditação
PORTUGUESE ACCREDITATION INSTITUTE
Rua Almeida, 2-9º andar-913 Caparica, Portugal
Tel: +351 212 948 221 Fax: +351 212 948 222
acred@ipac.pt www.ipac.pt

Anexo Técnico de Acreditação N° L0535-1

Accreditation Annex nr.

A entidade a seguir indicada está acreditada como Laboratório de Ensaios, segundo a norma NP EN ISO/IEC 17025:2005

Sonometria, Medições de Som, Projectos Acústicos, Consultoria, Higiene e Segurança, Lda.
Laboratório

Endereço Rua das Azenhas, 22-B
Address 2730-270 Barcarena
Contacto João Pedro Silva
Contact
Telefone 214264806
Fax 214 264 808
E-mail joao.pedro.silva@sonometria.pt
Internet http://www.sonometria.pt

Resumo do Âmbito Acreditado

Acústica e Vibrações

Accreditation Scope Summary

Acoustics and Vibrations

Nota: ver na(s) página(s) seguinte(s) a descrição completa do âmbito de acreditação.

Note: see in the next page(s) the detailed description of the accredited scope.

A validade deste Anexo Técnico pode ser comprovada em
<http://www.ipac.pt/docreg/15480-RT72-7100-199/>

The validity of this Technical Annex can be checked in the website on the left.

Os ensaios podem ser realizados segundo as seguintes categorias:

Testing may be performed according to the following categories:

- 0 Ensaios realizados nas instalações permanentes do laboratório
- 1 Ensaios realizados fora das instalações do laboratório ou em laboratórios móveis
- 2 Ensaios realizados nas instalações permanentes do laboratório e fora destas

- 0 Testing performed at permanent laboratory premises
- 1 Testing performed outside the permanent laboratory premises or at a mobile laboratory
- 2 Testing performed at the permanent laboratory premises and outside

O IPAC é signatário dos Acordos de Reconhecimento Mútuo de EA e do ILAC

IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA

O presente Anexo Técnico está sujeito a modificações, suspensões temporárias e eventuais anulações, podendo a sua actualização ser consultada em www.ipac.pt.

This Annex can be modified, temporarily suspended and eventually withdrawn, and its status can be checked at www.ipac.pt.

Edição n.º 4 - Emitido em 2015-04-17 - Página 1 de 3

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório. Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.155.INDC.RR1.Vs1
Página 12 de 27

Anexo Técnico de Acreditação N° L0535-1

Accreditation Annex nr.

Sonometria, Medições de Som, Projectos Acústicos,
Consultoria, Higiene e Segurança, Lda.
Laboratório

Nº Nr	Produto Product	Ensaio Test	Método de Ensaio Test method	Categoria Category
ACÚSTICA E VIBRAÇÕES ACOUSTICS AND VIBRATIONS				
1	Acústica de edifícios	Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro	NP EN ISO 140-7:2008 NP EN ISO 717-2:2013 NP EN ISO 140-14:2012 Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	1
2	Acústica de edifícios	Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro Método global com alitrante	NP EN ISO 140-5:2009 NP EN ISO 717-1:2013 Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	1
3	Acústica de edifícios	Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro Método global com ruído de tráfego rodoviário	NP EN ISO 140-5:2009 NP EN ISO 717-1:2013 Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	1
4	Acústica de edifícios	Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro	NP EN ISO 140-4:2009 NP EN ISO 717-1:2013 NP EN ISO 140-14:2012 Nota 3 do Documento LNEC, 13 de Abril 2012	1
5	Acústica de edifícios	Medição do tempo de reverberação. Método da respectiva impulsiva integrada (método de engenharia)	NP EN ISO 3382-2:2011	1
6	Acústica de edifícios	Medição dos níveis de pressão sonora de equipamentos de edifícios. Determinação do nível sonoro de ruído particular	NP EN ISO 16031:2009 Nota 4 do Documento LNEC 13 de Abril 2012	1
7	Ruído Ambiente	Medição do nível de pressão sonora. Determinação do nível sonoro médio de longa duração	NP ISO 1996-1:2011 NP ISO 1996-2:2011 SPT_08_RAMB_Lden_07: 27-10-2014	1
8	Ruído Ambiente	Medição dos níveis de pressão sonora. Critério de Incomodidade	NP ISO 1996-1:2011 NP ISO 1996-2:2011 Anexo I do Decreto-Lei n.º 9/2007 SPT_07_INCO_06: 15-01- 2015	1
9	Ruído Ambiente	Medição dos níveis de pressão sonora. Determinação do nível sonoro contínuo equivalente	NP ISO 1996-1:2011 NP ISO 1996-2:2011 SPT_09_RAMB_Leq_03: 15-01-2015	1
10	Ruído laboral	Avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho	Decreto-Lei n.º 182/2006 SPT_01_AERT_04: 02-01- 2012	1
FIM END				

Edição n.º 4 - Emitido em 2010-04-17 - Página 2 de 2

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório.
Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.155.INDC.RR1.Vs1
Página 13 de 27

Anexo Técnico de Acreditação Nº L0535-1

Accreditation Annex nr.

Sonometria, Medições de Som, Projectos Acústicos,
Consultoria, Higiene e Segurança, Lda.
Laboratório

Nº Nr	Produto Product	Ensaio Test	Método de Ensaio Test Method	Categoria Category
----------	--------------------	----------------	---------------------------------	-----------------------

Notas:
Notes:

- "SPT-1" indica Procedimento Interno do Laboratório.
- A acreditação para uma dada norma internacional abrange a acreditação para as correspondentes normas regionais adotadas ou nacionais homologadas (i.e., "ISO abc" equivale a "EN ISO abc" e "IP EN ISO abc" ou UNE EN ISO abc, IIF EN ISO abc, etc...).

 Documento assinado
eletronicamente por:
Leopoldo Cortez
Presidente

Edição n.º 4 • Emitido em 2015-04-17 • Página 3 de 3

Os resultados do ensaio referem-se exclusivamente aos valores medidos no local identificado no presente relatório.
Este relatório só pode ser produzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa da Sonometria.

Modelo: Mod_ERE_01_INDC_11
Relatório: 16.15.5.INDC_RR11.Vs1
Página 14 de 27

B | Tabelas / Gráfico das Medições e Cálculos

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachada estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-5

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

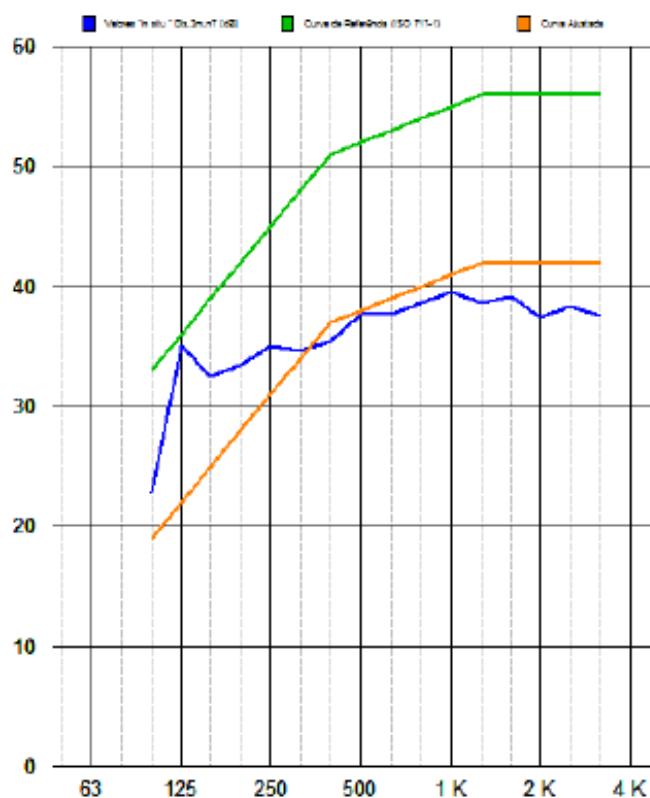
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E01.D₂** Emissor: Exterior; Área Fachada = 16.5 m² Receptor: Sala 18A; Volume = 86.5 m³

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO140-5
Medições de isolamento sonoro *in situ* a sons aéreos de fachadas

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{is,2m,0T} (1/3 Oitava) [dB]
100	22.8
125	35.0
160	32.5
200	33.4
250	35.0
315	34.6
400	35.5
500	37.7
630	37.7
800	38.6
1000	39.5
1250	38.6
1600	39.1
2000	37.4
2500	38.3
3150	37.6



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{is,2m,0T,w} (C; Ctr) [dB] = 38 (0; -2)

Medição *in situ* do Isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachada estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-5

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

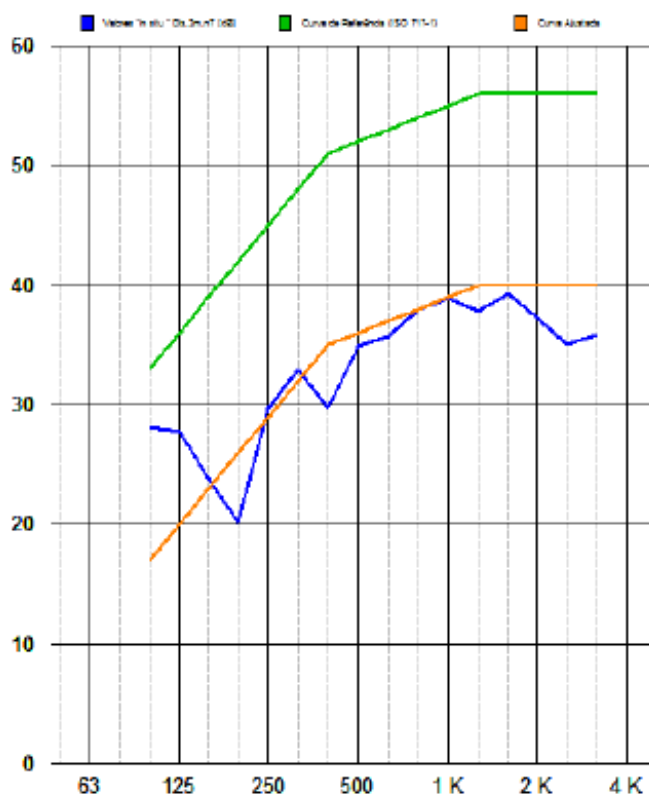
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E02.D2** Emissor: Exterior; Área Fachada = 8.5 m² Receptor: Quarto 2ºB; Volume = 29 m³

**Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO140-5
Medições de isolamento sonoro *in situ* a sons aéreos de fachadas**

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	$D_{s,2m,0T}$ (1/3 Oitava) [dB]
100	28.2
125	27.7
160	23.9
200	20.2
250	29.8
315	32.9
400	29.8
500	34.9
630	35.7
800	37.9
1000	38.9
1250	37.8
1600	39.3
2000	37.3
2500	35.1
3150	35.9



Classificação de acordo com ISO 717-1:
 $D_{s,2m,0T,w}$ (C ; Ctr) [dB] = 36 (-1 ; -4)

**Medição in situ do isolamento sonoro a sons de condução aérea estandardizado, de acordo com a Norma
NP EN ISO 140-4**

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

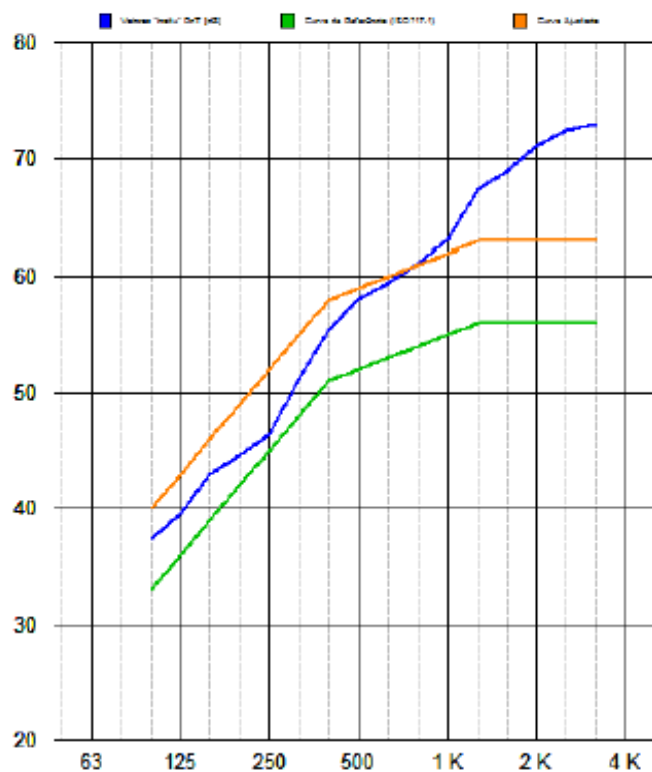
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E03.D** Emissor: Sala 4ºC; Volume = 61 m³ Receptor: Quarto 4ªA; Volume = 39 m³

**Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO 140-4
Medições de isolamento sonoro in situ a sons aéreos entre compartimentos**

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{nr} (1/3 Oitava) [dB]
100	37.4
125	39.6
160	42.9
200	44.6
250	46.4
315	51.2
400	55.4
500	58.1
630	59.4
800	61.1
1000	63.2
1250	≥ 67.4
1600	69.0
2000	71.1
2500	72.4
3150	72.9



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{nT,w} (C; Ctr) [dB] = 59 (-2; -7)

Medição in situ do isolamento sonoro a sons de condução aérea estandardizado, de acordo com a Norma
NP EN ISO 140-4

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

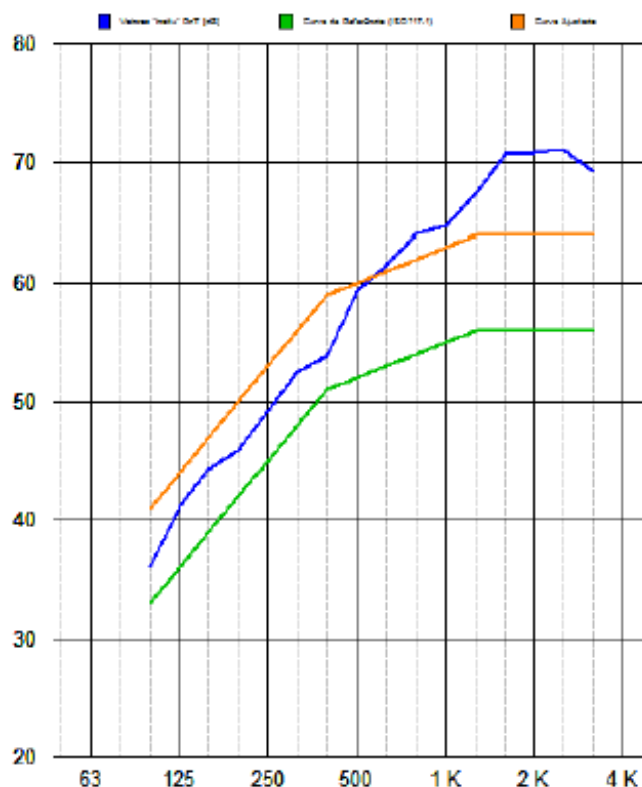
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: E04.D Emissor: Sala 4ºC; Volume = 61 m³ Receptor: Sala 3ºC; Volume = 60.5 m³

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO 140-4
Medições de isolamento sonoro in situ a sons aéreos entre compartimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{nr} (1/3 Octava) [dB]
100	36.1
125	41.3
160	44.3
200	45.9
250	49.2
315	52.5
400	53.9
500	59.3
630	61.5
800	64.1
1000	64.8
1250	67.4
1600	70.7
2000	70.9
2500	71.1
3150	69.2



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{A,T,w}(C ; Ctr) [dB] = 60 (-2 ; -7)

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons de condução aérea estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-4

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

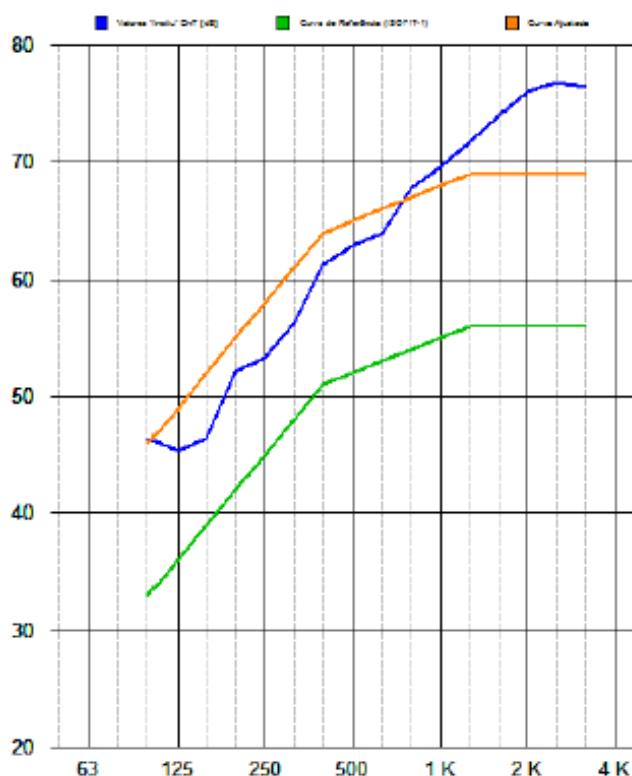
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E05.D** Emissor: Quarto 4ºB; Volume = 36 m³ Receptor: Quarto 4ºA; Volume = 31 m³

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO 140-4
Medições de isolamento sonoro *in situ* a sons aéreos entre compartimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{nT} (1/3 Oitava) [dB]
100	46.4
125	45.4
160	46.4
200	52.1
250	53.3
315	56.3
400	>= 61.3
500	>= 62.9
630	>= 63.9
800	>= 67.8
1000	>= 69.6
1250	>= 71.8
1600	>= 74.0
2000	>= 76.0
2500	>= 76.8
3150	>= 76.4



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{nT,w} (C ; Ctr) [dB] = 65 (-2 ; -7)

Medição in situ do isolamento sonoro a sons de condução aérea standardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-4

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

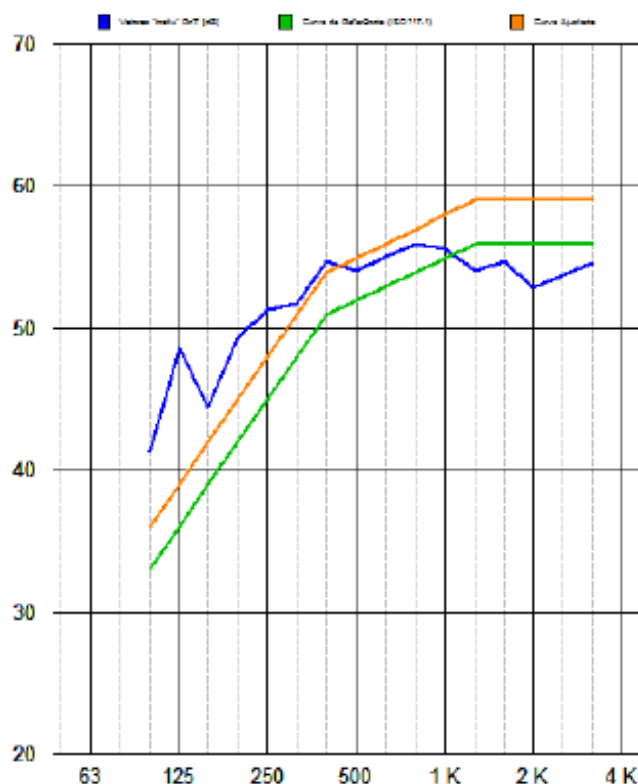
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E06.D** Emissor: Sala 2ªA; Volume = 88 m³ Receptor: Sala 1ªA; Volume = 86.5 m³

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO 140-4
Medições de isolamento sonoro in situ a sons aéreos entre compartimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{nT} (1/3 Oitava) [dB]
100	41.3
125	48.6
160	44.5
200	49.3
250	51.3
315	51.7
400	54.7
500	54.1
630	≥ 55.1
800	≥ 55.9
1000	≥ 55.6
1250	54.1
1600	54.7
2000	52.8
2500	53.7
3150	54.6



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{nT,w} (C; Ctr) [dB] = 55 (-1 ; -2)

Medição *in situ* do Isolamento sonoro a sons de condução aérea estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-4

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

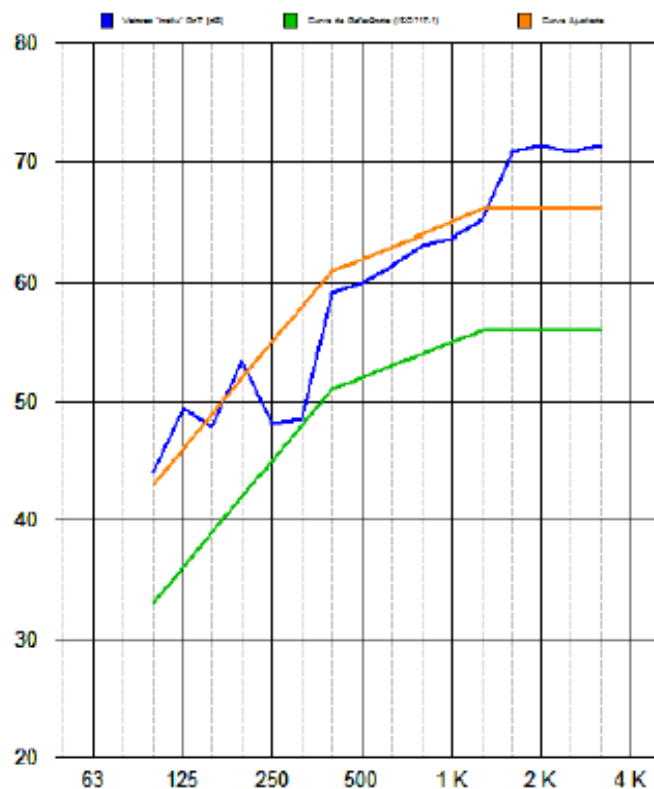
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E07.D** Emissor: Sala 2ªA; Volume = 88 m³ Receptor: Quarto 2ªB; Volume = 29 m³

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO 140-4
Medições de isolamento sonoro *in situ* a sons aéreos entre compartimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{nr} (1/3 Octava) [dB]
100	44.0
125	49.5
160	47.9
200	≥ 53.4
250	48.2
315	48.5
400	≥ 59.2
500	≥ 60.0
630	≥ 61.4
800	≥ 63.2
1000	≥ 63.7
1250	≥ 65.1
1600	≥ 70.8
2000	≥ 71.4
2500	≥ 70.8
3150	71.4



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{nT,w} (C ; Ctr) [dB] = 62 (-2 ; -6)

Medição *in situ* do Isolamento sonoro a sons de condução a érea estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-4

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

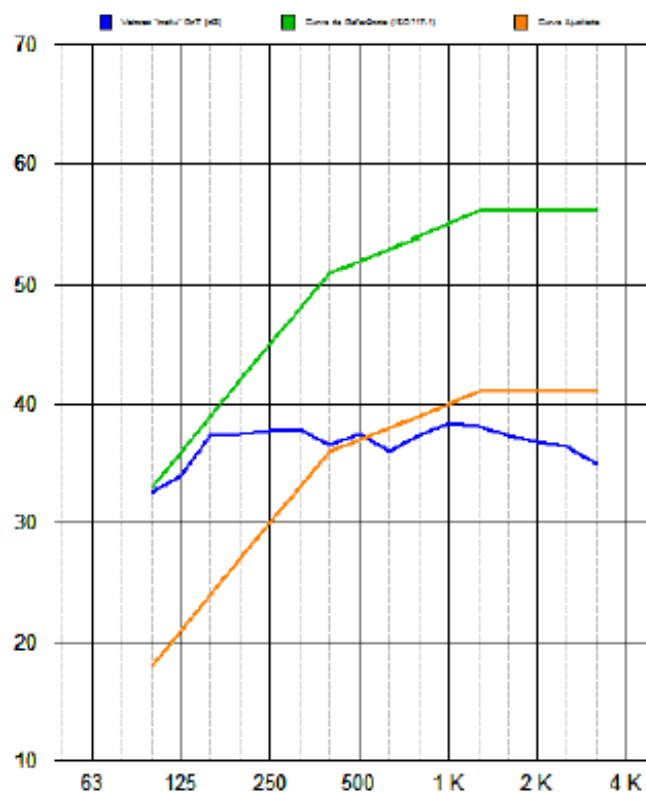
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa

Ensaio realizado: **E08.D** Emissor: Circulação comum 3º piso; Volume = 47 m³ Receptor: Sala 3ºC; Volume = 60.5 m³

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a ISO 140-4
Medições de isolamento sonoro *in situ* a sons aéreos entre compartimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	D _{nT} (1/3 Oitava) [dB]
100	32.6
125	34.0
160	37.3
200	37.5
250	37.8
315	37.9
400	36.5
500	37.5
630	36.0
800	37.4
1000	38.4
1250	38.1
1600	37.4
2000	36.8
2500	36.4
3150	34.9



Classificação de acordo com ISO 717-1:
D_{nT,w} (C ; Ctr) [dB] = 37 (0 ; 0)

Medição *in situ* do Isolamento sonoro a sons de percussão estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-7

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

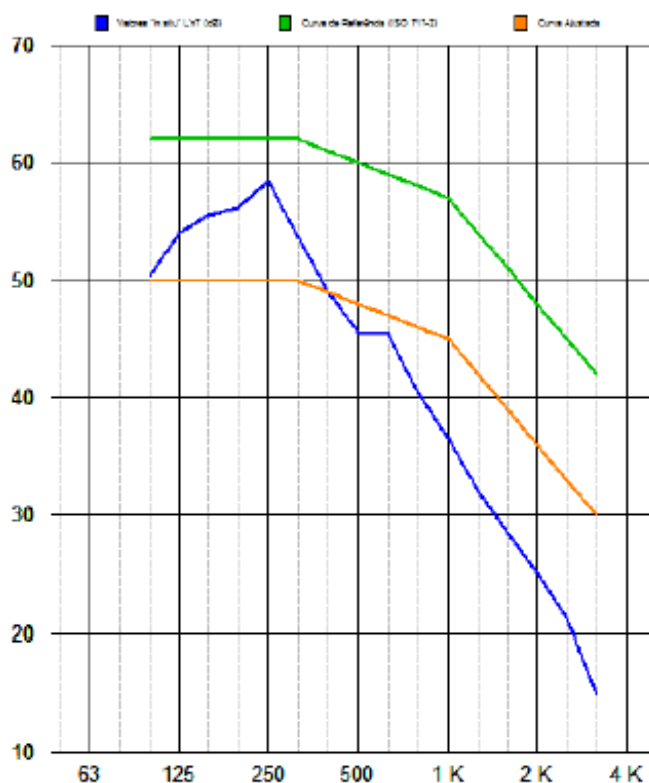
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa Pavimento no emissor: flutuante em madeira

Ensaio realizado: **E03.L'** Emissor: Sala 4ªC; Volume = 61 m³ Receptor: Quarto 4ªA; Volume = 39 m³

Nível sonoro padronizado de percussão de acordo com a ISO 140-7
Medições de isolamento sonoro "in situ" a sons de percussão de pavimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	L'_{nr} (1/3 Oitava) [dB]
100	50.4
125	54.1
160	55.5
200	56.2
250	58.5
315	53.7
400	49.0
500	45.6
630	45.4
800	40.4
1000	36.6
1250	32.0
1600	28.4
2000	25.1
2500	21.3
3150	<= 14.9



Classificação de acordo com ISO 717-2:
 $L'_{nr,w}(CI)$ [dB]: 48 (I)

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-7

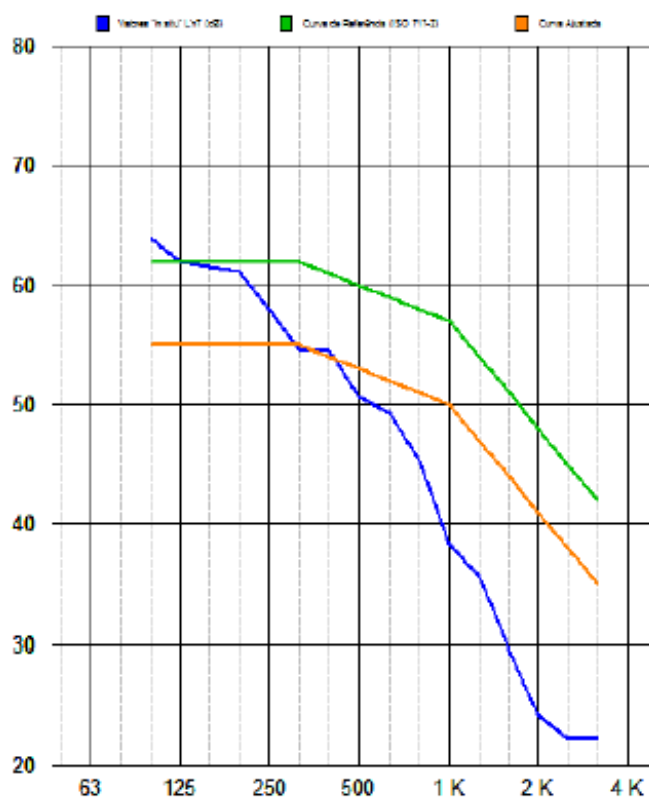
Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa Pavimento no emissor: flutuante em madeira

 Ensaio realizado: **E04.L'** Emissor: Sala 4ºC; Volume = 61 m³ Receptor: Sala 3ºC; Volume = 60.5 m³
Nível sonoro padronizado de percussão de acordo com a ISO 140-7
Medições de isolamento sonoro "in situ" a sons de percussão de pavimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	L' _{nr} (1/3 Oitava) [dB]
100	63.9
125	62.0
160	61.5
200	61.1
250	57.9
315	54.7
400	54.5
500	50.7
630	49.3
800	45.4
1000	38.3
1250	35.7
1600	<= 29.6
2000	<= 24.3
2500	<= 22.2
3150	<= 22.2


 Classificação de acordo com ISO 717-2:
 L'_{nr,w}(CI) [dB]: 53 (1)

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-7

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

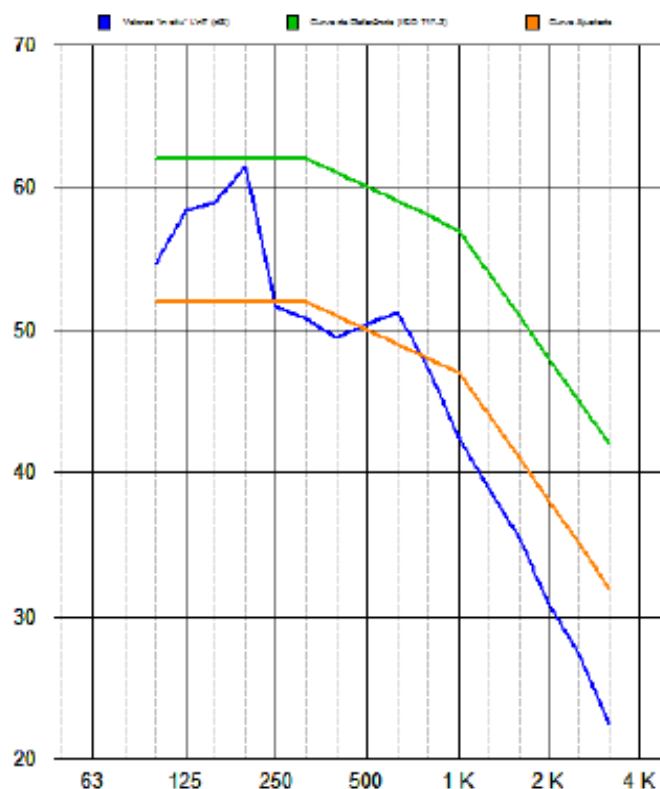
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa Pavimento no emissor: flutuante em madeira

Ensaio realizado: **E05.L'** Emissor: Quarto 4ºB; Volume = 36 m³ Receptor: Quarto 4ºA; Volume = 31 m³

Nível sonoro padronizado de percussão de acordo com a ISO 140-7
Medições de isolamento sonoro "in situ" a sons de percussão de pavimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	L' _{nT} (1/3 Oitava) [dB]
100	54.6
125	58.4
160	58.9
200	61.5
250	51.6
315	50.7
400	49.4
500	50.4
630	51.2
800	47.3
1000	42.5
1250	38.8
1600	35.4
2000	31.0
2500	27.4
3150	22.4



Classificação de acordo com ISO 717-2:
L'_{nT,w}(C1) [dB]: 50 (1)

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão estandardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-7

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

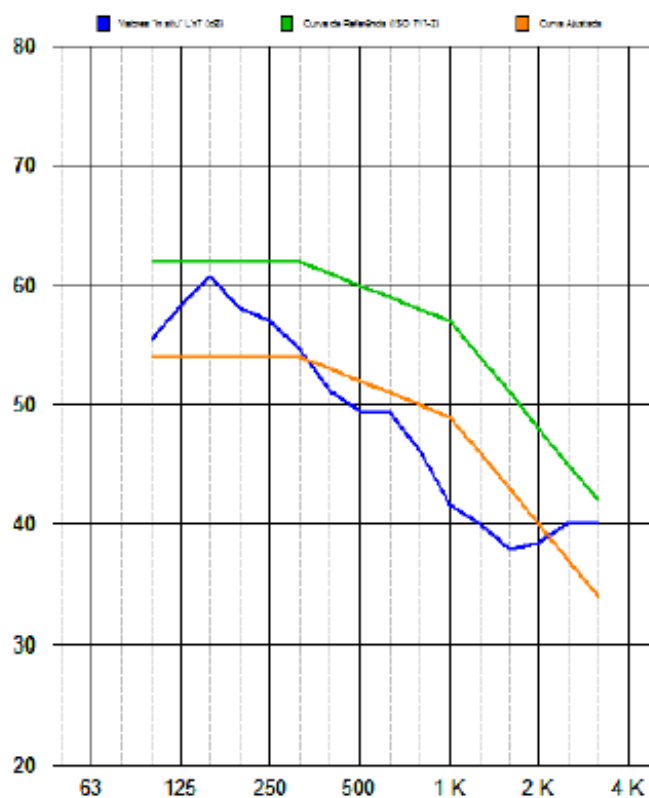
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa Pavimento no emissor: flutuante em madeira

Ensaio realizado: **E06.L'** Emissor: Sala 2ªA; Volume = 88 m³ Receptor: Sala 1ªA; Volume = 86.5 m³

Nível sonoro padronizado de percussão de acordo com a ISO 140-7
Medições de isolamento sonoro "in situ" a sons de percussão de pavimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	L' _w (1/3 Oitava) [dB]
100	55.4
125	58.3
160	60.7
200	58.1
250	57.1
315	54.7
400	51.2
500	49.5
630	49.3
800	46.1
1000	41.6
1250	40.0
1600	37.9
2000	38.4
2500	40.2
3150	40.1



Classificação de acordo com ISO 717-2:

L'_w,w(CI) [dB]: 52 (-1)

Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão standardizado, de acordo com a Norma NP EN ISO 140-7

Requerente: Parimob - Investimentos Imobiliários, SA

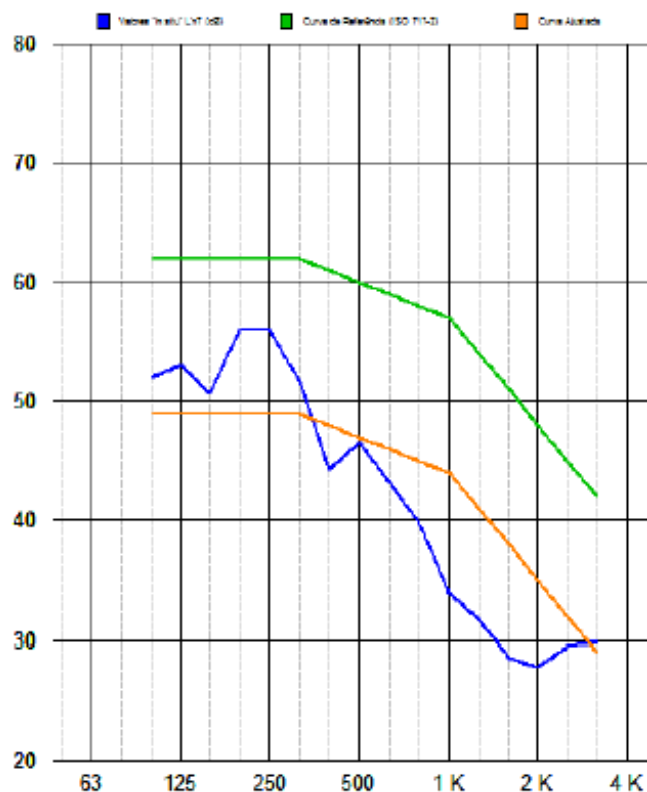
Local dos ensaios: Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa Pavimento no emissor: flutuante em madeira

Ensaio realizado: **E07.L'** Emissor: Sala 2ªA; Volume = 88 m³ Receptor: Quarto 2ªB; Volume = 29 m³

Nível sonoro padronizado de percussão de acordo com a ISO 140-7
Medições de isolamento sonoro "in situ" a sons de percussão de pavimentos

Data das Medições: 20-04-16

Frequência [Hz]	L' _{nr} (1/3 Oitava) [dB]
100	52.0
125	53.1
160	50.6
200	56.0
250	56.0
315	51.7
400	44.3
500	46.5
630	43.2
800	39.8
1000	34.0
1250	31.7
1600	28.6
2000	27.8
2500	29.5
3150	29.9



Classificação de acordo com ISO 717-2:

L'_{nr,w}(CI) [dB]: 47 (0)



AVALIAÇÃO SATISFAÇÃO CLIENTES



Identificação do Cliente

Nome (opcional) _____

Empresa (opcional) _____

Serviço (opcional) _____

Solicitamos a resposta a este inquérito no intuito de conhecermos o seu grau de satisfação e desenvolvermos ações para melhorar. Assinale com uma cruz a opção que melhor se adequa à sua opinião.

Agradecemos a vossa disponibilidade e total sinceridade nas respostas.

(Assinalar a opção que melhor se ajuste à sua opinião, com uma cruz)

Funções	Parâmetros	Classificação			
Técnicas	Apresentação (<i>Profissionalismo e cordialidade dos técnicos que monitorizaram os ensaios</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
	Operacionalidade (<i>Capacidade organizacional e funcional para responder c/ eficácia ao planeamento acordado</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
	Flexibilidade (<i>Capacidade de adoptar soluções eficazes em situações não previsíveis</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
Adminis. /Financeiras	Documentação (<i>Adequação e interpretação dos documentos trocados: cartas, fax's, propostas, relatórios, outros</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
	Preços (<i>Adequação do nível de preços praticados em relação ao trabalho produzido e às expectativas</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
Desempenho	Expectativas (<i>Adequação entre os objectivos estabelecidos e resultados esperados</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
	Prazos (<i>cumprimento dos prazos estabelecidos</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
	Em relação a concorrentes (<i>Avaliação comparativa c/ outros prestadores deste tipo de serviços</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa
	Global (<i>Adequação aos requisitos globais do cliente</i>)	Fraca	Média	Boa	Muito Boa

Agradecemos que formulasse todas as críticas e sugestões que entenda convenientes para que possamos melhor o Serviço que prestamos, podendo ainda utilizar o espaço abaixo para apresentar reclamações ou solicitar o esclarecimento de dúvidas.

Data: ____/____/____

Rubrica: _____

Agradecemos a devolução do questionário para o fax: 21 4264808 ou email: sonometria@sonometria.pt.

Gratos pela atenção dispensada.

Termo de Responsabilidade de Avaliação Acústica para autorização de edifício

A que se refere o nº25-g) da Portaria nº 113/2015, de 22 de Abril em conjugação com o nº 4 do seu artigo 2º.

Edifício sito em Rua da Misericórdia nº 133 a 141, Lisboa cuja autorização é requerida por Parimob - Investimentos Imobiliários, SA.

João Pedro Fouto Martins da Silva, contribuinte 210875011, inscrito na Ordem dos Engenheiros, como Membro Efectivo com o n.º 60100, com competência para subscrição de projectos de condicionamento acústico de edifícios, tendo em conta o nº 25-g) da Portaria 113/2015, de 22 de Abril, em conjugação com o nº 4 do seu artigo 2º, declara para os devidos efeitos:

- 1) Que os ensaios efectuados pelo laboratório Sonometria, Medições de Som, Projectos Acústicos, Consultoria, Higiene e Segurança, Lda com acreditação IPAC, IP nº L0535-1, são suficientes para possibilitar a avaliação acústica do edifício acima identificado, tendo em conta, no essencial, os critérios de amostragem definidos pelo LNEC.
- 2) Que pela análise do relatório de ensaios, 16.155.INDC.RIt1.Vrs1, os resultados obtidos configuram a satisfação dos respectivos requisitos regulamentares.

Barcarena, 28 de Abril de 2016

O Técnico Responsável



