

Projeto de Condicionamento Acústico Projeto de Licenciamento

C	IC	RR	RR	07/04/2025	Revisão do Projeto de Licenciamento
B	IC	RR	RR	10/02/2025	Revisão do Projeto de Licenciamento
A	IC	RR	RR	15/01/2025	Projeto de Licenciamento
0	PS	IC	RR	30/10/2024	Estudo Prévio
Rev.	Prepared	Verified	Approved	Date	Description
Project:		Sousel Biomethane Project			
Prepared by:		IC	Projeto de Condicionamento Acústico: Projeto de Licenciamento	Revision:	C
Verified by:		RR		Scale:	---

Índice

1.	Objetivo.....	3
2.	Introdução	3
3.	Enquadramento Geral	5
3.1.	Localização	5
3.2.	Programa Funcional.....	6
3.3.	Principais Incidências Acústicas	7
3.3.1.	Implantação do lote.....	7
3.3.2.	Caraterísticas da Edificação	7
3.3.3.	Equipamentos ruidosos / fontes de ruído.....	7
3.3.4.	Fatores Críticos de Sucesso.....	7
3.4.	Documentos Analisados	7
4.	Critérios de Projeto.....	8
4.1.	Legislação Aplicável	8
4.2.	Classificação Acústica do Local.....	8
4.3.	Resumo de Critérios	8
4.3.1.	Isolamento Sonoro de Fachada.....	8
4.3.2.	Isolamento a sons de percussão entre espaços	9
4.3.3.	Acústica Interna	9
4.3.4.	Fontes Interiores.....	9
5.	Princípios de Cálculo Adotados.....	11
5.1.	Isolamento a Sons de Condução Aérea Provenientes do Exterior	11
5.2.	Isolamento a Sons de Percussão entre Espaços Interiores.....	12
5.3.	Tempo de Reverberação de Espaços Interiores.....	12
5.4.	Níveis de Ruído no Interior de Volumes Acústicos	13
6.	Especificação de Soluções	14
6.1.	Arquitetura	14
6.1.1.	Pavimentos.....	14
6.1.2.	Paredes.....	15
6.1.3.	Revestimentos Absorventes	15
6.1.4.	Tetos Falsos Absorventes.....	16
6.1.5.	Janelas.....	17
6.2.	Instalações Mecânicas.....	17
6.2.1.	Climatização e tratamento de ar	17
6.2.2.	Renovação do ar interior	18
6.2.3.	Ventilação dos balneários e instalações sanitárias.....	18
6.3.	Instalações Elétricas.....	19
7.	Verificação dos Critérios Regulamentares	20
7.1.	Isolamento sonoro de fachada.....	20
7.2.	Isolamento a sons de percussão entre espaços.....	20

7.3. Tempo reverberação	21
8. Realização de Ensaios de Verificação Final.....	22
9. Conclusões.....	23
1. Anexo A.....	24
2. Anexo B.....	28
3. Anexo C.....	30

1. Objetivo

Elaboração do Projeto de Licenciamento, para verificação dos requisitos acústicos dos edifícios no âmbito da intervenção de construção do edifício L da unidade industrial "Unidade de Biometano de Sousel", localizada na Estrada Nacional 372, Sousel. O projeto foi requerido por REGA Energy.

2. Introdução

"O projeto consiste na criação de uma Unidade de Produção de Biometano, cujo objetivo é a produção de Biogás a partir de diversos efluentes pecuários. A Unidade será constituída por um conjunto de edifícios que totalizam 5.779,55 m² de área em piso térreo e 200,90 m² de área em piso superior. Estes edifícios compreendem o posto de seccionamento, a portaria, a área administrativa e um conjunto de naves industriais, onde se desenvolvem as diversas atividades a levar a cabo no processo de obtenção de Biometano. Estas naves industriais foram denominadas de: B, C, D, E, F, G, e H. A Unidade apresenta diversos tanques exteriores, uns em betão armado: T1, T7, T8, outros em betão armado com gasómetro superior: T2GH01, T3GH04, T6GH02, T9GH05, T10GH06 e T11GH07, outros metálicos: D1, D2, D3 e D4 e um tanque em material plástico: T20. Ainda existem, dentro das naves industriais, os tanques: T4, T5, HYG1, HYG2 e HYG3. Para o funcionamento da Unidade ainda se previram vários equipamentos, tais como: balanças para pesagem de veículos pesados, tochas, gasómetro, unidade de purificação de biogás, equipamento de limpeza biogás, estação de enchimento de camiões de bioGNC, depósito e bomba de combustível, depósitos de água de serviço e de segurança contra incêndios, com a respetiva zona de bombagem, compressor de bioGNC, caldeira e sistema de desodorização.

O presente projeto refere-se, exclusivamente, as questões fundamentais, do ponto de vista dos requisitos acústicos para o edifício administrativo L.

A intervenção da especialidade de acústica tem implicações no desenvolvimento e definições do projeto de arquitetura e especialidades. O sucesso do projeto estará dependente das condições de isolamento sonoro de fachada, do isolamento a sons de percussão entre espaços interiores, tempo de reverberação no interior e do controle de ruído e vibrações de equipamentos de apoio exclusivo ao edifício administrativo L (para o interior dos compartimentos e espaços exteriores envolventes).

Ao longo das seguintes secções apresenta-se um resumo da metodologia seguida. Numa primeira fase, apresenta-se a análise do edifício, identificando-se fatores críticos ou características intrínsecas do projeto, seguidas da definição de critérios aplicáveis, incluindo o enquadramento regulamentar. A verificação dos limites regulamentares será efetuada tendo por base a legislação atualmente em vigor, no que se refere exclusivamente ao Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), publicado em Decreto-Lei n.º 129/2002, republicado em Decreto-Lei n.º 96/2008 e com a redação dada pelo Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho. Na ausência de quantificação de critérios acústicos complementares, considera-se que os critérios de projeto coincidirão com os mínimos regulamentares aplicáveis.

Apresentam-se ainda os princípios de cálculo utilizados para dimensionamento das soluções de condicionamento acústico e é incluída uma análise prospetiva de desempenhos e verificação de conformidade. As soluções construtivas agora apresentadas deverão ser integradas nos projetos de Arquitetura e das Especialidades. Deverá estar assegurada a respetiva compatibilização

durante as fases subsequentes, tal que possam ser devidamente incorporadas em cada um dos cadernos de encargos, que suportarão os processos de concurso e obra.

A qualidade final obtida estará condicionada pela correta compatibilização, gestão e aplicação das várias soluções e regras de boa arte.

Encontra-se excluída do presente estudo a análise, avaliação ou estimativa de impactos, quer na envolvente exterior, quer na envolvente interior, associados às atividades de produção e/ou equipamentos, infraestruturas e equivalentes de apoio, assim como a análise, avaliação ou estimativa de questões relacionadas com a exposição dos trabalhadores ao ruído e vibração.

3. Enquadramento Geral

3.1. Localização

O projeto em análise refere-se à construção do edifício administrativo L da unidade industrial “Unidade de Biometano de Sousel”, localizada na Estrada Nacional 372, Sousel.



Figura 1 – Localização do edifício (área a azul. Fonte: Google Earth, 17-10-2024)

De acordo com consulta efetuada na página oficial da Câmara Municipal de Sousel em 17-10-2024, o edifício em análise encontra-se localizado numa área classificada como “Outras Áreas Agrícolas” e “Área Agrícola Preferencial”, de acordo com o extrato do PDM em Vigor – Planta de Ordenamento (dezembro 2019) (extrato das plantas apresentado em anexo).

3.2. Programa Funcional

O programa proposto para o edifício é o que se indica de seguida.

Tabela 1 – Distribuição funcional

Edifício	Espaços
Administrativo, L	Cafetaria, Instalações sanitárias, vestiários, <i>open space</i> , armazém, escritórios, sala de reuniões, sala do servidor, sala de controlo

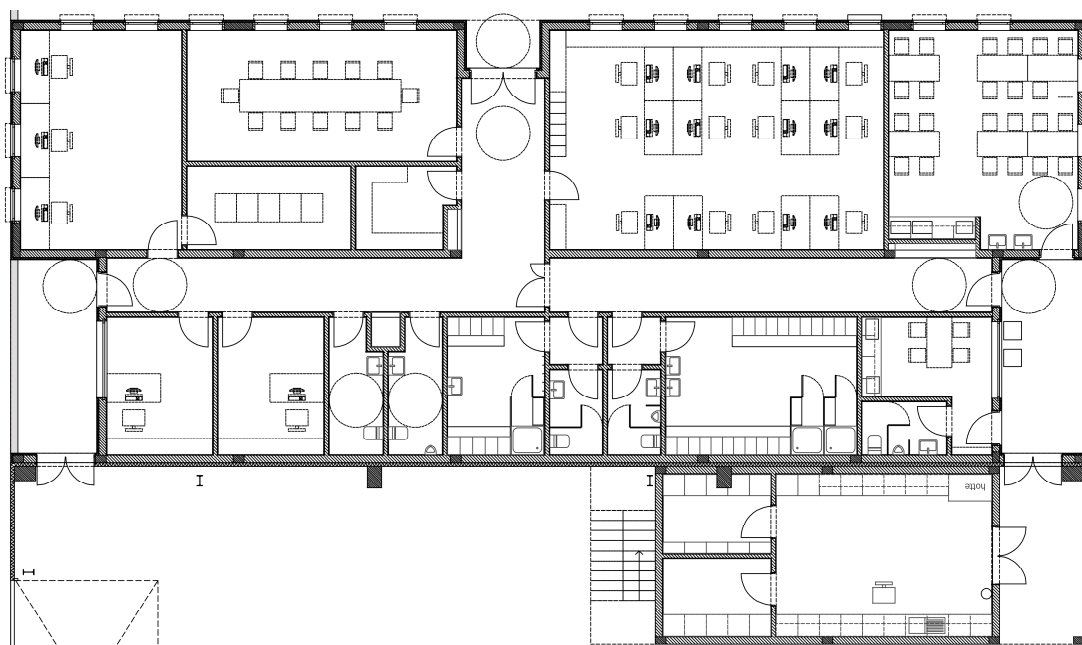


Figura 2 – Planta do edifício administrativo L

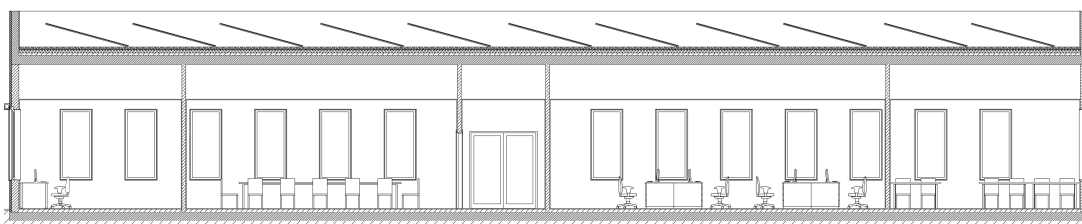


Figura 3 – Corte C.02.B do edifício administrativo L

3.3. Principais Incidências Acústicas

3.3.1. Implantação do lote

A unidade industrial na qual se integra o edifício em análise irá ser construída na proximidade da Estrada Nacional 372 a cerca de 2 km da Vila de Sousel. Na envolvente, é possível identificar uma indústria pecuária, não se verificando a existência de aglomerados populacionais a menos de 1,7 km. O ambiente sonoro exterior na envolvente é caracterizado assim, principalmente, pela circulação automóvel, nomeadamente na EN 372, com variações ao longo do dia e durante a semana.

3.3.2. Características da Edificação

O edifício em análise desenvolve-se num único piso térreo, em estrutura de betão armado e paredes em alvenaria.

3.3.3. Equipamentos ruidosos / fontes de ruído

Os equipamentos ruidosos previstos para os espaços alvo de imposições regulamentares constantes do RRAE referem-se a equipamentos para ventilação e climatização interior dos vários espaços.

3.3.4. Fatores Críticos de Sucesso

O sucesso do projeto estará fortemente dependente das condições de conforto e sossego proporcionado utilizadores do edifício. Neste sentido, do ponto de vista acústico, os principais eixos de intervenção centrar-se-ão nos seguintes pontos fundamentais:

- Isolamento de fachada face ao ruído exterior;
- Isolamento a sons de percussão;
- Tempo de reverberação no interior de espaços;
- Controlo de ruído dos equipamentos técnicos no interior dos espaços do edifício que requeiram concentração e sossego.

3.4. Documentos Analisados

Os documentos analisados e que serviram de base à elaboração do presente documento foram:

- Plantas e cortes de arquitetura recebidos até 05-02-2025;
- Informação complementar recebida até 05-02-2025.

4. Critérios de Projeto

4.1. Legislação Aplicável

A legislação aplicável ao presente projeto de condicionamento acústico é:

- Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) publicado em Decreto-Lei n.º 129/2002, republicado em Decreto-Lei n.º 96/2008 e com a redação dada pelo Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho.

Os espaços do edifício em análise enquadram-se nos seguintes artigos do RRAE:

- Artigo 6º: Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais.

Em anexo são transcritas as partes desta legislação aplicáveis especificamente a este projeto.

4.2. Classificação Acústica do Local

Não foi possível encontrar informação quanto à classificação acústica do local onde o lote se encontra, sendo por isso considerado que se encontra em zona não classificada.

4.3. Resumo de Critérios

Apresenta-se de seguida um resumo dos critérios acústicos considerados no dimensionamento das soluções preconizadas ao longo deste documento.

4.3.1. Isolamento Sonoro de Fachada

A solução de fachada deverá conferir um isolamento sonoro mínimo de acordo com o exposto na Tabela 2.

Tabela 2 – Critério de isolamento mínimo a ruídos aéreos exteriores ($D_{2m,nT,w}$)

Espaço	$D_{2m,nT,w}$ [dB]
Sala de Reuniões	≥ 30
Escritórios e <i>Open Space</i>	≥ 30
Cafetaria	≥ 25

Quando a área translúcida for superior a 60% do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2m,nT,w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_{tr} , conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se os limites anteriormente apresentados.

4.3.2. Isolamento a sons de percussão entre espaços

O isolamento a sons de percussão deverá garantir os limites apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Critério de isolamento a sons de percussão ($L'_{nT,w}$)

Emissor	Recetor	Direção	$L'_{nR,w}$ [dB]
Cafetaria	Gabinetes de Trabalho	Horizontal	≤ 60

4.3.3. Acústica Interna

A acústica no interior dos espaços é controlada pelo tempo de reverberação, que deverá garantir os critérios apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Critério de tempo de reverberação (TR)

Espaço	$TR_{500-2kHz}$ [s]
Sala de Reuniões	$\leq 0,7$
<i>Sala de Controlo</i>	$\leq 0,7$
<i>Open Space</i>	$\leq 0,9$
Cafetaria	$\leq 0,7$

4.3.4. Fontes Interiores

A privacidade no interior de cada espaço será também determinada pelos níveis de ruído de fundo presentes, que possam mascarar campos sonoros provenientes de outros espaços. Todavia, os níveis de ruído de fundo deverão ser controlados no seu limite superior de modo a minimizar impactos negativos ou incomodidade. O nível de avaliação no interior de cada espaço deverá garantir os critérios apresentados na tabela seguinte.

Tabela 5 – Critério de níveis de avaliação no interior do edifício

Espaço	Limite Regulamentar $L_{A,T,NT}$ [dB(A)]	
	Funcionamento Contínuo	Funcionamento Intermitente
Sala de Reuniões, Gabinetes e Escritório	≤ 37 (ME)	≤ 42 (ME)

Os critérios estabelecidos deverão ser verificados com todos os equipamentos em funcionamento que possam contribuir para o nível de ruído de fundo do espaço em questão. As tabelas anteriores excluem eventuais ruídos com características impulsivas.

5. Princípios de Cálculo Adotados

5.1. Isolamento a Sons de Condução Aérea Provenientes do Exterior

Na determinação do isolamento sonoro a sons de condução aérea exteriores aplica-se o parâmetro $D_{2m,nT,w}$ descrito ao longo da norma EN 12354-3: 2017, *Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 3: Façade acoustic insulation*. A estimativa daquele parâmetro é efetuada tendo por base o índice de isolamento sonoro de uma parede equivalente, atendendo à ponderação pela área real de cada elemento.

O índice de redução sonora (R_w) de cada elemento construtivo, a considerar para a fachada, é obtido através da consulta de resultados de ensaios laboratoriais ou baseado em cálculos analíticos resultantes de modelos teóricos aplicáveis publicados.

Para o caso da maioria soluções correntes de fachada, é de esperar valores de isolamento a sons aéreos reduzidos, o que minimiza a influência das eventuais transmissões marginais. No entanto, e conforme igualmente recomendado ao longo da norma EN 12354-3: 2017, deverá ser aplicado um fator corretivo de 2 dB de modo a salvaguardar a existência de eventuais transmissões marginais. Este parâmetro salvaguarda igualmente eventuais degradações de desempenho associadas a condicionantes de aplicação, em particular quando se analisa o índice de isolamento a sons de condução aéreo resultante de ensaios laboratoriais. Assim, para a determinação do valor do isolamento acústico de fachada considerou-se o seguinte:

$$D_{2m,nT,w} = R_{w,ponderado} - K + L_{fs} + 10 \log \left(\frac{0,16V}{S.T} \right)$$

$R_{w,ponderado}$ – Índice de redução sonora da solução de fachada equivalente (solução opaca combinada com vãos ou aberturas) [dB];

K – Fator para quantificação das transmissões marginais de acordo com a norma EN 12354-3: 2017 [dB];

L_{fs} – Fator de forma da fachada de acordo com a norma EN 12354-3: 2017 [dB];

V – Volume do compartimento recetor [m^3];

S – Área do elemento de separação [m^2];

T – Tempo de reverberação de referência do espaço recetor normalmente mobilado [s] (= 0,5 s em compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis).

A determinação dos valores em banda de frequência é obtida de acordo com a formulação anterior. O valor final de $D_{2m,nT,w}$ é efetuado por ajuste com a curva de referência conforme definido na norma NP EN ISO 717-1:2021 Acústica “Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção – Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea”. A incerteza deste método de cálculo está correlacionada com a incerteza dos dados de entrada. Para os devidos efeitos é considerada uma incerteza total para o cálculo anterior de ± 3 dB.

5.2. Isolamento a Sons de Percussão entre Espaços Interiores

Na determinação do isolamento sonoro a sons de percussão entre espaços interiores aplica-se o parâmetro $L'_{nT,w}$ descrito ao longo da norma EN 12354-2: 2017, *Estimation of acoustic performance in buildings from the performance of elements. – Part 2: Impact sound insulation between rooms*. A estimativa do $L'_{nT,w}$ é efetuada tendo por base o índice de isolamento sonoro de cada elemento construtivo que constitui o caminho direto ao qual deve ser adicionada a contribuição dos outros percursos secundários (transmissões marginais). O índice de redução sonora (L_w) de cada do elemento construtivo, a considerar nomeadamente para a constituição dos pavimentos, é obtido através da consulta de resultados de ensaios laboratoriais ou resultante de cálculos analíticos tendo por base os modelos teóricos aplicáveis publicados.

A determinação dos valores em banda de frequência é obtida de acordo com o descrito na norma. O valor final de $L'_{nT,w}$ é efetuado por ajuste com a curva de referência conforme definido na norma NP EN ISO 717-2:2021 Acústica “Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção - Parte 2: Isolamento sonoro a sons de percussão”. A incerteza associada ao método de cálculo está correlacionada com a incerteza associada aos dados de entrada. Para os devidos efeitos é considerada uma incerteza total para o cálculo de ± 3 dB.

5.3. Tempo de Reverberação de Espaços Interiores

Na determinação da reverberação no interior de cada volume acústico (volume fechado) aplica-se o parâmetro Tempo de Reverberação [TR] descrito ao longo da norma EN 12354-6: 2003, *Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 6: Sound absorption in enclosed spaces*. A estimativa do TR característico é dada a partir das características geométricas, de volume do espaço e dos coeficientes de absorção e difusão (sempre que disponíveis) de cada uma das superfícies interiores. O anexo D da norma EN 12354-6 detalha o caso particular da determinação do tempo de reverberação em locais nos quais o coeficiente de absorção sonora tem variações significativas, entre paredes opostas. Em função das características dos espaços em causa deverão ser aplicadas as seguintes normas alternativas:

- i) ISO 3382-1:2009 *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces*;
- ii) ISO 3382-2:2008 *Acoustics – Measurement of room acoustical parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms*;
- iii) ISO 3382-3:2012 *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 3: Reverberation time in open plan offices*;

O coeficiente de absorção sonora (α) de cada material a considerar nomeadamente ao nível de revestimentos ou elementos singulares (ex: cadeiras), é obtido através da consulta de resultados de ensaios laboratoriais ou resultante de cálculos analíticos tendo por base os modelos teóricos aplicáveis publicados. Sempre que aplicável um procedimento equivalente é aplicável para o

coeficiente de difusão sonora (d). A determinação daqueles valores em banda de frequência poderá ser obtida de acordo com o descrito nas seguintes normas.

ISO 354:2003 *Acoustics -- Measurement of sound absorption in a reverberation room*;

ISO 9416:2017 *Paper -- Determination of light scattering and absorption coefficients (using Kubelka-Munk theory)*;

A incerteza associada ao método de cálculo está correlacionada com a incerteza associada aos dados de entrada. Para os devidos efeitos deverá ser considerado incerteza total para o cálculo de do TR final $\pm 25\%$, considerando-se que a determinação de TR resulta da média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

5.4. Níveis de Ruído no Interior de Volumes Acústicos

A determinação dos níveis de ruído no interior de edifícios provenientes das diversas infraestruturas e instalações técnicas necessárias ao bom funcionamento daqueles encerra uma grande complexidade. Para além das fontes de ruído mais comuns, é necessário ter em linha de conta fontes de vibração cujo comportamento final varia grandemente entre fornecedores. Por outro lado, as condições de instalação e os respetivos percursos de transmissão via estrutural podem apresentar grandes desvios padrão para soluções que, aparentemente seriam idênticas. Assim, os mecanismos de geração de ruído e vibração bem como os sistemas de propagação são área de investigação e marcadas por grande desconhecimento.

A estimativa dos níveis de ruído produzidos pelas infraestruturas e instalações técnicas dos edifícios, $L_{Ar,nT}$, é obtida de acordo com o descrito ao longo da norma EN 12354-5:2009 *Building acoustics - Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements - Part 5: Sounds levels due to the service equipment*. A estimativa daquele parâmetro é efetuada tendo por base os modelos e ferramentas de análise disponíveis e aplicáveis no sentido de minimizar eventuais incertezas associadas a fenómenos relacionados com o efeito de campo próximo, difusão do campo sonoro insuficiente e efeito de baixas frequências.

A avaliação do impacto sonoro do sistema de climatização (constituído por equipamentos de produção de energia, tratamento de ar, sistema de condutas e elementos terminais) para situações mais complexas é ainda analisada de acordo com as seguintes normas:

- AHRI Standard 885 with Addendum 1 (dated March 2011) of AHRI Standard 885-2008: *Procedure for Estimating Occupied Space Sound Levels in the Application of Air Terminals and Air Outlets - Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI)*;
- ASHRAE Handbook 2021, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

6. Especificação de Soluções

Nas secções seguintes apresentam-se as soluções construtivas consideradas, relativas ao condicionamento acústico. Estas soluções foram desenvolvidas entre a equipa de projeto, ao longo das fases desenvolvidas até à data e deverão ser devidamente detalhadas e compatibilizadas, entre todas as especialidades. Os desenhos de pormenor das soluções constam do projeto de arquitetura.

6.1. Arquitetura

6.1.1. Pavimentos

Tabela 6 – Soluções e desempenhos acústicos aplicáveis para os pavimentos

Espaço	Descrição	Critério	Localização
PAV01	Solução constituída da seguinte forma, ou equivalente (de cima para baixo): - Acabamento ou revestimento final de piso; - Camada de enchimento constituída por argamassa de assentamento com espessura mínima de 60 mm, devidamente dimensionada em função das cargas atuantes e outras indicações das especialidades envolvidas; - Filme de polietileno com sobreposição mínima de juntas de 10 cm e colagem das mesmas com fita autocolante; - Tela resiliente com 5 mm de espessura (a); - Laje estrutura (1) (2) (3) (4)	$\Delta L_w \geq 20$ dB	Cafetaria

PRODUTOS E MARCAS DE REFERÊNCIA (ou equivalente):

- (a) Tela resiliente:
- *Impactodan*.

NOTAS:

- (1) A tela resiliente deverá dobrar em todo o perímetro do pavimento de cada compartimento, de forma a evitar qualquer ligação rígida entre a lajeta flutuante e os elementos verticais (paredes ou pilares).

- (2) Deverá ser evitada qualquer ligação rígida entre os rodapés ou revestimentos de paredes e a solução de pavimento. Estes elementos deverão ser fixos às paredes e garantir um afastamento mínimo, que poderá ser vedado com uma solução do tipo silicone, ou equivalente.
- (3) A lajeta flutuante preconizada terá uma distribuição idêntica à compartimentação prevista.
- (4) O revestimento final de piso será de acordo com especificações de arquitetura.

6.1.2. Paredes

Tabela 7 – Soluções e desempenhos acústicos aplicáveis para as paredes

Espaço	Descrição	Critério	Localização
PAR01	Parede em alvenaria de tijolo furado (a) com 15cm de espessura mínima e densidade mínima de 625kg/m ³ , rebocada em uma das faces com 2 cm de argamassa de reboco.	$R_w(C; C_{tr}) \geq 44 (-1; -3) \text{ dB}$	Paredes de fachada do edifício.
PAR02	Parede em alvenaria de tijolo furado (a) com 11cm de espessura mínima e densidade mínima de 654kg/m ³ , rebocada em ambas as faces com 2 cm de argamassa de reboco.	$R_w \geq 42 \text{ dB}$	Paredes de compartimentação entre espaços

PRODUTOS E MARCAS DE REFERÊNCIA (ou equivalente):

- (a) Alvenaria de tijolo furado:
- *Preceram*;
 - *Cerâmica Torreense*.

6.1.3. Revestimentos Absorventes

Tabela 8 – Soluções e desempenhos acústicos aplicáveis para os revestimentos absorventes

Espaço	Descrição	Critério	Localização
RVA01	Painéis absorventes em painel sanduiche (a) com 100 mm de espessura, constituídos por lâ mineral de 100 mm de espessura protegida com véu antidesagregante e protegida mecanicamente através de metal distendido em aço lacado. (1) (2)	$NRC \geq 0,80$	Parede lateral da sala do servidor, que confronta com a sala de reuniões.

PRODUTOS E MARCAS DE REFERÊNCIA (ou equivalente):

- (a) Painel sanduíche:
- *FTB PF 1000 Acústico*;
 - *AcustekPro Claustrapanel*.

NOTAS:

- (1) A fixação destes painéis será efetuada através de estrutura metálica tipo "Z's metálicos", ou equivalente, fixa diretamente à parede.
- (2) Esta solução poderá ser aplicada a partir da cota de 40 cm do pavimento, para facilitar as operações de limpeza e manutenção.

6.1.4. Tetos Falsos Absorventes

Tabela 9 – Soluções e desempenhos acústicos aplicáveis para os tetos falsos absorventes

Espaço	Descrição	Critério	Localização
TAC01	Solução constituída da seguinte forma, ou equivalente (de cima para baixo): - Laje estrutural de teto; - Caixa-de-ar variável, com espessura de acordo com arquitetura e restantes especialidades; - Lã mineral com 50 mm de espessura e densidade de 40 kg/m³; - Véu negro antidesagregante; - Placa de gesso cartonado perfurado, com percentagem de perfuração de 19,8% (a). (1) (2)	NRC ≥ 0,70	Sala de Reuniões, Sala de Controlo, <i>Open space</i>, Cafetaria Sala do servidor

PRODUTOS E MARCAS DE REFERÊNCIA (ou equivalente):

- (a) Teto acústico perfurado:
- *Knauf Cleaneo Akustik 8/18Q*.

NOTAS:

- (1) A solução deverá ser aplicada numa área mínima de 90% da área total de teto de cada espaço.
- (2) O teto será suspenso à laje estrutural através de apoios correntes do tipo varão roscado, ou equivalente, com uma densidade adequada às cargas aplicadas.

6.1.5. Janelas

Tabela 10 – Soluções e desempenhos acústicos aplicáveis para as janelas

Espaço	Descrição	Critério	Localização
JNL01	Janela constituída por caixilho simples e vidro duplo verifique as necessidades de desempenho acústico e térmico. (1) (2) (3)	$R_w (C; C_{tr}) \geq 35 (-1; -3) \text{ dB}$	Janelas do edifício.

NOTAS:

- (1) O caixilho deverá apresentar borrachas que garantam um plano único e contínuo de vedação, ao longo de todo o perímetro de fecho da janela ou de cada pano.
- (2) Deverá ser instalado um pré-aro metálico ou de madeira, maciço, devidamente alinhado e apurado para a devida instalação da caixilharia. Este elemento deverá garantir a selagem acústica compatível com o critério da janela a instalar, na zona de transição entre parede e janela.
- (3) O critério apresentado não contempla a aplicação de grelhas de fachada.

6.2. Instalações Mecânicas

6.2.1. Climatização e tratamento de ar

A climatização dos espaços de trabalho, escritórios, sala de reuniões e cafetaria será realizada através de um sistema VRV do tipo bomba de calor, cuja unidade exterior será localizada na área técnica sobre o laboratório. Este equipamento deverá garantir um nível de potência sonora máximo de 83 dB(A) e ser instalado sobre sistema antivibrático constituído por maciço em betão com espessura mínima de 15 cm assente sobre apoios pontuais antivibráticos do tipo elastómero que assegurem um isolamento mínimo a vibrações de 90% na gama de frequências fundamentais associadas ao funcionamento do equipamento. Cada apoio deverá garantir uma frequência natural inferior a 12 Hz.

As unidades interiores serão do tipo cassete para embutir no teto falso, devendo garantir um nível de pressão sonora máximo de 40/38/35 dB(A) à distância de 1 metro, quando em funcionamento nas velocidades alta/média/baixa, respetivamente.

Na sala do servidor e no laboratório, encontram-se previstos sistemas de expansão direta *split* do tipo bomba de calor, cujas unidades exteriores ficarão localizadas na área técnica sobre o laboratório. Estes equipamentos deverão garantir um nível de potência sonora máximo de 65 dB(A) e ser instalados sobre apoios antivibráticos pontuais em elastómero, sem esmagamento. Cada apoio deverá garantir uma frequência natural inferior a 12 Hz. Poderá ser aplicada uma longarina para distribuição de cargas e melhor equilíbrio do equipamento.

As unidades interiores para o laboratório e para a sala do servidor deverão garantir um nível de pressão sonora máximo de 40/38/35 dB(A) à distância de 1 metro, quando em funcionamento nas velocidades alta/média/baixa, respetivamente.

6.2.2. Renovação do ar interior

A renovação do ar interior dos espaços de trabalho, escritórios, sala de reuniões e cafeteria será realizada através de uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN) localizada na área técnica sobre o laboratório. Este equipamento deverá garantir os níveis de potência sonora máximos de acordo com a Tabela 11 e ser instalado sobre apoios antivibráticos pontuais em elastómero, sem esmagamento. Cada apoio deverá garantir uma frequência natural inferior a 12 Hz. Poderá ser aplicada uma longarina para distribuição de cargas e melhor equilíbrio do equipamento. A unidade exterior associada à UTAN, com um nível de potência sonora máximo de 79 dB(A), será localizada na mesma área técnica e deverá ser instalada sobre apoios antivibráticos pontuais em elastómero, sem esmagamento, com uma frequência natural inferior a 12 Hz e aplicação de uma longarina para distribuição de cargas e melhor equilíbrio do equipamento.

Tabela 11 – Nível de potência sonora da unidade de tratamento de ar [valores em dB]

Frequência	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global [dB(A)]
Insuflação	59	63	49	44	29	24	29	29	49
Admissão ar novo	57	68	58	59	50	42	34	27	58
Extração	68	73	60	61	61	57	50	43	65
Retorno	59	58	39	26	<20	<20	<20	<20	43
Ruído radiado	59	62	43	43	44	39	32	<20	49

No laboratório, a renovação do ar interior será realizada com recurso a dois ventiladores centrífugos (um de extração e outro de insuflação) do tipo *in-line*, instalados na área técnica localizada na respetiva cobertura do espaço. A fixação dos ventiladores será realizada a uma estrutura metálica a prever para o efeito, através de fixações antivibráticas que assegurem um isolamento mínimo a vibrações de 90% na gama de frequências fundamentais associadas ao funcionamento do equipamento.

6.2.3. Ventilação dos balneários e instalações sanitárias

A extração de ar dos balneários e das instalações sanitárias será realizada com recurso a um ventilador centrífugo instalado na área técnica localizada cobertura do laboratório. A fixação do ventilador será realizada a uma estrutura metálica a prever para o efeito, através de fixações antivibráticas que assegurem um isolamento mínimo a vibrações de 90% na gama de frequências fundamentais associadas ao funcionamento do equipamento.

6.3. Instalações Elétricas

Encontra-se prevista a instalação de um grupo eletrogéneo em área técnica dedicada, no extremo norte do edifício. Prevê-se o funcionamento do equipamento exclusivamente em situações de emergência ou operações pontuais de manutenção, pelo que se dispensa a aplicação de medidas de controlo de ruído e vibração complementares.

7. Verificação dos Critérios Regulamentares

Apresenta-se agora uma análise prospetiva de desempenho e demonstração de verificação dos limites aplicáveis, de acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.

7.1. Isolamento sonoro de fachada

Atendendo às características do edifício, às soluções construtivas e às características da fachada, temos os resultados seguidamente indicados.

Tabela 12 – Isolamento sonoro de fachada

Recetor	Valor Calculado $D_{2m,nT,w} (C; C_{tr})$ [dB]	Critério $D_{2m,nT,w}$ [dB]	Verificação
Gabinetes de Trabalho	37	≥ 30	Cumpre
Sala de Reuniões	36	≥ 30	Cumpre
<i>Open space</i>	39	≥ 30	Cumpre
Cafetaria	38	≥ 25	Cumpre

NOTA: De acordo com a norma EN ISO 717-1, os termos de adaptação correspondem as seguintes características espectrais do ruído na emissão:

C – Atividades correntes (passos, música, rádio, TV), crianças a brincar, circulação ferroviário de média e alta velocidade, circulação automóvel em autoestrada para velocidades superiores a 80 km/h, ruído de aviões a curtas distâncias e ruído industrial com espectro de média e alta frequência;

C_{tr} – Tráfego e circulação urbana de automóveis, circulação ferroviária de baixa velocidade, aviões a motor, ruído de aviões a longas distâncias, música de discoteca e ruído industrial com espectro de média e baixa frequência.

7.2. Isolamento a sons de percussão entre espaços

Tabela 13 – Isolamento a sons de percussão

Emissor	Recetor	Direção	Valor Estimado $D_{2m,nT,w} (C; C_{tr})$ [dB]	Critério $D_{2m,nT,w}$ [dB]	Verificação
Cafetaria	<i>Open space</i>	Horizontal	60	≤ 60	Cumpre

7.3. Tempo reverberação

Tabela 14 – tempo de reverberação

Espaço	Valor Estimado T [s]	Critério T [s]	Verificação
Sala de Reuniões	0,7	$\leq 0,7$	Cumpre
Sala de Controlo	0,7	$\leq 0,7$	Cumpre
<i>Open Space</i>	0,7	$\leq 0,9$	Cumpre
<i>Cafetaria</i>	0,7	$\leq 0,7$	Cumpre

8. Realização de Ensaios de Verificação Final

Após a conclusão da obra deverão ser efetuados ensaios finais de verificação da conformidade das soluções construtivas definidas e da sua correta aplicação, com base na normalização aplicável e realizados por entidades acreditadas.

Deverão ser seguidos os critérios gerais de amostragem para ensaios e medições acústicas, a utilizar durante o processo de avaliação acústica dos edifícios, visando a verificação da sua conformidade com as disposições legais em vigor. Em particular, deverão ser seguidas recomendações descritas nos critérios gerais de amostragem para ensaios e medições acústicas, realizados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC. O processo de avaliação acústica deverá ser instruído com Parecer Técnico, subscrito por técnico qualificado nos termos do número 2 do artigo 3.º do Decreto-Lei 96/2008, de 9 de junho, no qual sejam apreciados os critérios de amostragem seguidos e a conformidade regulamentar em causa, sendo acompanhado dos respetivos resultados de ensaio.

Salvo melhor opinião da entidade acreditada (laboratório de ensaio) e técnico responsável pela emissão de parecer técnico ou respetivo termo de responsabilidade, recomenda-se a realização dos ensaios seguidamente indicados.

Tabela 15 – Proposta de listagem de ensaios a realizar para receção de obra

ID	Parâmetro	Emissor	Recetor	Normalização
E01	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Exterior	Gabinets de Trabalho	NP EN ISO16283-3: 2017 EN ISO 717-1: 2021
E02	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Exterior	Sala de Reuniões	NP EN ISO16283-3: 2017 EN ISO 717-1: 2021
E03	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Exterior	Open space	NP EN ISO16283-3: 2017 EN ISO 717-1: 2021
E04	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Exterior	Cafetaria	NP EN ISO16283-3: 2017 EN ISO 717-1: 2021
E05	$L'_{nT,w}$ [dB]	Cafetaria	Open space	NP EN ISO16283-2: 2021 EN ISO 717-2: 2021
E06	TR [s]	-	Sala de Reuniões	EN ISO 3382-2: 2015
E07	TR [s]	-	Sala de Controlo	EN ISO 3382-2: 2015
E08	TR [s]	-	Open Space	EN ISO 3382-2: 2015
E09	TR [s]	-	Cafetaria	EN ISO 3382-2: 2015
E10	$L_{Ar,nT}$ [dB(A)]	Renovação de ar	Sala de Reuniões	NP EN ISO16032: 2009 Anexo I do D.L: n.º 9/07
E11	$L_{Ar,nT}$ [dB(A)]	Renovação de ar	Open Space	NP EN ISO16032: 2009 Anexo I do D.L: n.º 9/07

9. Conclusões

Foi desenvolvido o projeto de Condicionamento Acústico para verificação dos requisitos acústicos dos edifícios no âmbito da intervenção de construção do edifício L da unidade industrial “Unidade de Biometano de Sousel”, localizada na Estrada Nacional 372, Sousel.

Ao longo deste documento foram apresentados os principais fatores que influenciam o projeto de condicionamento acústico, nomeadamente a localização na envolvente exterior, distribuição de programa, condicionantes particulares, limites regulamentares, ou outros, e soluções construtivas a adotar.

As soluções construtivas acima descritas, desde que corretamente executadas e devidamente acompanhadas por soluções de controlo de ruído e vibração dos equipamentos ruidosos a instalar, permitirão a verificação dos limites regulamentares conforme descrito no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios. Encontra-se excluída do presente estudo a análise, avaliação ou estimativa de impactos, quer na envolvente exterior, quer na envolvente interior, associados às atividades de produção e/ou equipamentos, infraestruturas e equivalentes de apoio, assim como a análise, avaliação ou estimativa de questões relacionadas com a exposição dos trabalhadores ao ruído e vibração.

No final da obra deverão ser realizados os ensaios finais de verificação, de acordo com o exposto ao longo do presente documento, para verificação da boa execução das soluções preconizadas e da conformidade da obra com o projeto.

7 de abril de 2025, Maia

Rui Miguel Sá Ribeiro

(OE: 44840)

1. Anexo A

TRANSCRIÇÃO DA LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

A1 – REGULAMENTO GERAL DO RUÍDO

O Regulamento Geral do Ruído – RGR (Decreto-Lei 9/07) estabelece os seguintes limites, aplicáveis às atividades ruidosas permanentes e temporárias e a outras fontes de ruído suscetíveis de causar incomodidade:

CAPÍTULO II - Planeamento municipal

Artigo 6.º Planos municipais de ordenamento do território

1 — Os planos municipais de ordenamento do território asseguram a qualidade do ambiente sonoro, promovendo a distribuição adequada dos usos do território, tendo em consideração as fontes de ruído existente se previstas.

2 — Compete aos municípios estabelecer nos planos municipais de ordenamento do território a classificação, a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e das zonas mistas.

3 — A classificação de zonas sensíveis e de zonas mistas é realizada na elaboração de novos planos e implica a revisão ou alteração dos planos municipais de ordenamento do território em vigor.

4 — Os municípios devem acautelar, no âmbito das suas atribuições de ordenamento do território, a ocupação dos solos com usos suscetíveis de vir a determinar a classificação da área como zona sensível, verificada a proximidade de infraestruturas de transporte existentes ou programadas.

CAPÍTULO III – Regulação da produção de ruído

Artigo 11.º Valores limite de exposição

1 — Em função da classificação de uma zona como mista ou sensível, devem ser respeitados os seguintes valores limite de exposição:

- a) As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_n ;
- b) As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador L_{den} , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador L_n ; (...)

3 — Até à classificação das zonas sensíveis e mistas a que se referem os n.ºs 2 e 3 do artigo 6.º, para efeitos de verificação do valor limite de exposição, aplicam-se aos recetores sensíveis os valores limite de L_{den} igual ou inferior a 63 dB(A) e L_n igual ou inferior a 53 dB(A).

4 — Para efeitos de verificação de conformidade dos valores fixados no presente artigo, a avaliação deve ser efetuada junto do ou no recetor sensível, por uma das seguintes formas:

- a) Realização de medições acústicas, sendo que os pontos de medição devem, sempre que tecnicamente possível, estar afastados, pelo menos, 3,5 m de qualquer estrutura refletora, à exceção do solo, e situar-se a uma altura de 3,8 m a 4,2 m acima do solo, quando aplicável, ou de 1,2 m a 1,5 m de altura acima do solo ou do nível de cada piso de interesse, nos restantes casos;
- b) Consulta dos mapas de ruído, desde que a situação em verificação seja passível de caracterização através dos valores neles representados.

5 — Os municípios podem estabelecer, em espaços delimitados de zonas sensíveis ou mistas, designadamente em centros históricos, valores inferiores em 5 dB(A) aos fixados nas alíneas a) e b) do n.º 1. (...)

Artigo 12.º Controlo prévio das operações urbanísticas

(...)

6 — É interdito o licenciamento ou a autorização de novos edifícios habitacionais, bem como de novas escolas, hospitais ou similares e espaços de lazer enquanto se verifique violação dos valores limite fixados no artigo anterior.

7 — Excetuam-se do disposto no número anterior os novos edifícios habitacionais em zonas urbanas consolidadas, desde que essa zona:

- a) Seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído; ou
- b) Não exceda em mais de 5 dB(A) os valores limite fixados no artigo anterior e que o projeto acústico considere valores do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, $D_{2m,n,w}$, superiores em 3 dB aos valores constantes da alínea a) do n.º 1 do artigo 5.º do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio.

A2 – REGULAMENTO DOS REQUISITOS ACÚSTICOS DOS EDIFÍCIOS

O Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) publicado em Decreto-Lei n.º 129/2002 e revisto pelo Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho estabelece o seguinte:

Artigo 6.º Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais

1 — Os edifícios que se destinem a usos comerciais ou de prestação de serviços, ou partes análogas integradas em edifícios industriais, estão sujeitos ao cumprimento dos seguintes requisitos acústicos:

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

- i) $D_{2\,m,nT,w} \geq 30$ dB, para os escritórios;
- ii) $D_{2\,m,nT,w} \geq 25$ dB, para os restantes recintos;
- iii) Quando a área translúcida for superior a 60% do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2\,m,nT,w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_{tr} , conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se os limites das subalíneas i) e ii).

b) No interior dos escritórios, ou de recintos com vocação similar, índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, proveniente de uma excitação de percussão normalizada sobre pavimentos dos outros locais do edifício, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte: $L'_{nT,w} \leq 60$ dB

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

d) Nos locais situados no interior do edifício onde se exerçam atividades que requeiram concentração e sossego, o nível de avaliação, $L_{A,r,nT}$, do ruído particular de equipamentos do edifício deverá satisfazer o seguinte:

- i) $L_{A,r,nT} \leq 42$ dB(A), se o funcionamento do equipamento for intermitente;
- ii) $L_{A,r,nT} \leq 37$ dB(A), se o funcionamento do equipamento for contínuo.

Quadro I

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz – 2 kHz)
Refeitórios ou recintos públicos de restauração	$T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s]
Escritórios ($V \geq 100$ m ³)	$T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s]

V = volume interior do recinto em causa.

2. Anexo B

EXTRATO DA PLANTA DE ORDENAMENTO

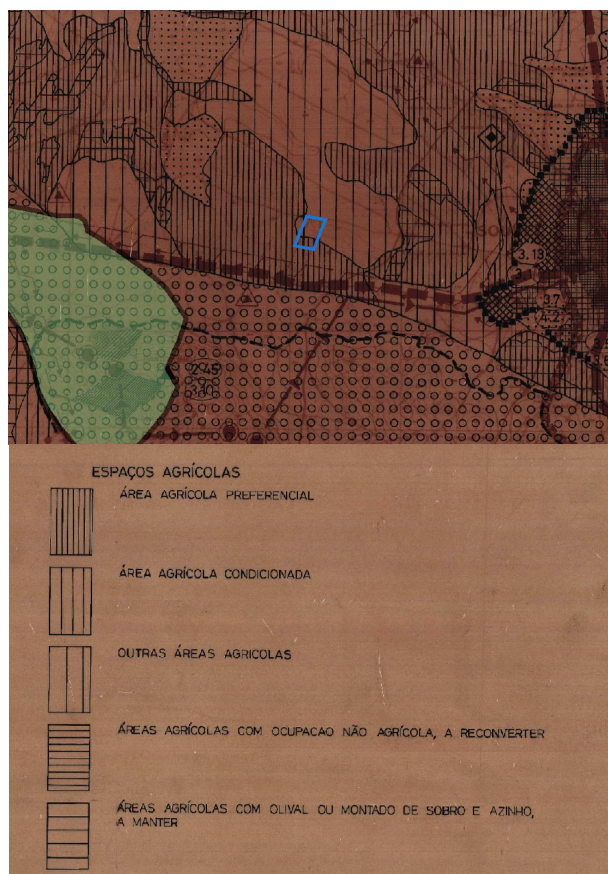


Figura 4 – Extrato da Planta de Ordenamento – Qualificação do espaço urbano
(fonte: PDM de Sousel, a 17-10-2024)

3. Anexo C

EXEMPLOS DE CÁLCULOS DE VERIFICAÇÃO

Projecto:	REGA
Espaço Receptor:	Gabinete
Objectivo:	Verificação do isolamento de fachada

Verificação do Isolamento de Fachada

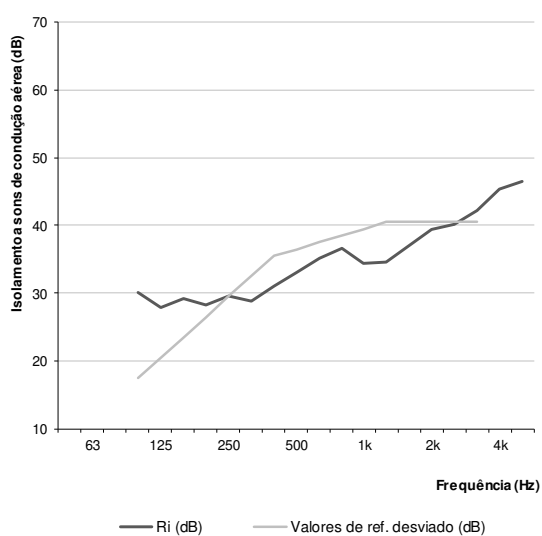
Características do Compartimento Recetor

Comprimento	3,0 m	Área Opaca	9,6 m ²
Largura	3,9 m	Área Envidraçada	4,1 m ²
Altura	3,5 m	Área Total	13,7 m ²
Volume	41,0 m ³	% Área Envid.	30 %
Elemento	Constituição		
Parede [par]	Bloco de alvenaria furada com 15 cm de espessura rebocada em ambas as faces		
Janela [jan]	Caixilharia simples com vidro duplo, $R_w (C;Ctr) = 35 (-1;-3)$ dB		
TR (s)	Notas		
0,5	Valor de referência (TR)		
K	-2		
ΔL_f	0		

Estimativa do Isolamento de Fachada

f [Hz]	$R_{w,par}$	$R_{w,jan}$	$R_{w,pond}$	$D_{2m,nT}$
100	36,0	28,7	32,4	30,2
125	37,0	25,5	30,1	27,9
160	38,0	26,8	31,3	29,2
200	38,0	25,8	30,5	28,3
250	37,0	27,6	31,8	29,7
315	31,0	31,2	31,1	28,9
400	33,0	34,1	33,3	31,2
500	35,0	35,7	35,2	33,1
630	38,0	36,0	37,3	35,2
800	41,0	36,0	38,8	36,7
1000	44,0	31,9	36,5	34,4
1250	47,0	31,9	36,8	34,7
1600	49,0	34,3	39,2	37,1
2000	51,0	36,8	41,7	39,5
2500	53,0	37,4	42,4	40,2
3150	55,0	39,4	44,4	42,2
4000	57,0	42,7	47,6	45,4
5000	59,0	43,7	48,6	46,5

$D_{2m,nT,w}$ [dB]	C	Ctr
37	-2	-3



Verificação Regulamentar

Limite Reg.	30	dB
$D_{2m,nT,w}$	37	dB
Verificação	Cumpr	

Projecto:	REGA
Espaço Receptor:	Sala de reuniões
Objectivo:	Verificação do isolamento de fachada

Verificação do Isolamento de Fachada

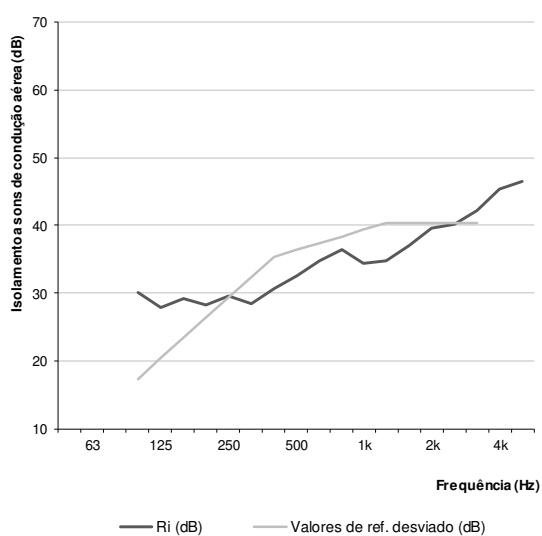
Características do Compartimento Recetor

Comprimento	3,6 m	Área Opaca	19,2 m ²
Largura	7,5 m	Área Envidraçada	7,0 m ²
Altura	3,5 m	Área Total	26,3 m ²
Volume	94,5 m ³	% Área Envid.	27 %
Elemento	Constituição		
Parede [par]	Bloco de alvenaria furada com 15 cm de espessura rebocada em ambas as faces		
Janela [jan]	Caixilharia simples com vidro duplo, Rw (C;Ctr) = 35 (-1;-3) dB		
TR (s)	Notas		
0,7	Valor de referência (TR)		
K	-2		
ΔL_f	0		

Estimativa do Isolamento de Fachada

f [Hz]	R _{w,par}	R _{w,jan}	R _{w,pond}	D _{2m,nT}
100	36,0	28,7	32,6	30,1
125	37,0	25,5	30,5	27,9
160	38,0	26,8	31,7	29,1
200	38,0	25,8	30,9	28,3
250	37,0	27,6	32,1	29,6
315	31,0	31,2	31,1	28,5
400	33,0	34,1	33,3	30,7
500	35,0	35,7	35,2	32,6
630	38,0	36,0	37,4	34,8
800	41,0	36,0	39,0	36,5
1000	44,0	31,9	37,0	34,4
1250	47,0	31,9	37,3	34,7
1600	49,0	34,3	39,6	37,1
2000	51,0	36,8	42,1	39,5
2500	53,0	37,4	42,8	40,2
3150	55,0	39,4	44,8	42,2
4000	57,0	42,7	48,0	45,4
5000	59,0	43,7	49,1	46,5

D _{2m,nT,w} [dB]	C	Ctr
36	-1	-2



Verificação Regulamentar

Limite Reg.	30	dB
D _{2m,nT,w}	36	dB
Verificação	Cumpr	

Projecto:	REGA
Espaço Receptor:	Open space
Objectivo:	Verificação do isolamento de fachada

Verificação do Isolamento de Fachada

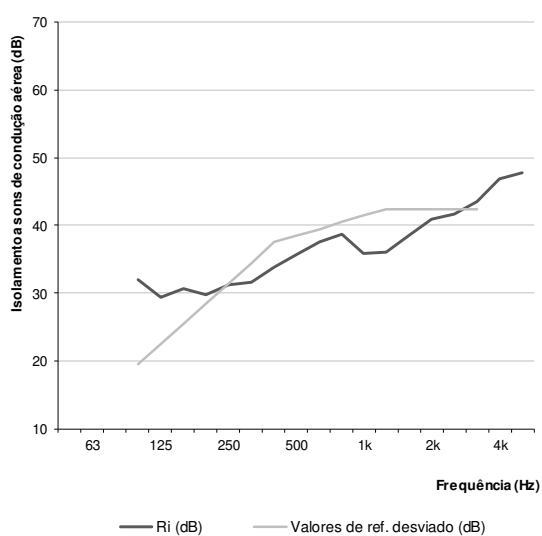
Características do Compartimento Recetor

Comprimento	9,3 m	Área Opaca	12,6 m ²
Largura	6,1 m	Área Envidraçada	8,8 m ²
Altura	3,5 m	Área Total	21,4 m ²
Volume	198,6 m ³	% Área Envid.	41 %
Elemento	Constituição		
Parede [par]	Bloco de alvenaria furada com 15 cm de espessura rebocada em ambas as faces		
Janela [jan]	Caixilharia simples com vidro duplo, $R_w (C;Ctr) = 35 (-1;-3)$ dB		
TR (s)	Notas		
0,9	Valor de referência (TR)		
K	-2		
ΔL_f	0		

Estimativa do Isolamento de Fachada

f [Hz]	$R_{w,par}$	$R_{w,jan}$	$R_{w,pond}$	$D_{2m,nT}$
100	36,0	28,7	31,5	32,0
125	37,0	25,5	28,9	29,4
160	38,0	26,8	30,2	30,7
200	38,0	25,8	29,3	29,8
250	37,0	27,6	30,8	31,3
315	31,0	31,2	31,1	31,6
400	33,0	34,1	33,4	33,9
500	35,0	35,7	35,3	35,8
630	38,0	36,0	37,1	37,5
800	41,0	36,0	38,2	38,7
1000	44,0	31,9	35,4	35,9
1250	47,0	31,9	35,6	36,1
1600	49,0	34,3	38,0	38,4
2000	51,0	36,8	40,4	40,9
2500	53,0	37,4	41,1	41,6
3150	55,0	39,4	43,1	43,6
4000	57,0	42,7	46,3	46,8
5000	59,0	43,7	47,4	47,9

$D_{2m,nT,w}$ [dB]	C	Ctr
39	-2	-3



Verificação Regulamentar

Limite Reg.	30	dB
$D_{2m,nT,w}$	39	dB
Verificação	Cumpre	

Projecto:	REGA
Espaço Receptor:	Cafetaria
Objectivo:	Verificação do isolamento de fachada

Verificação do Isolamento de Fachada

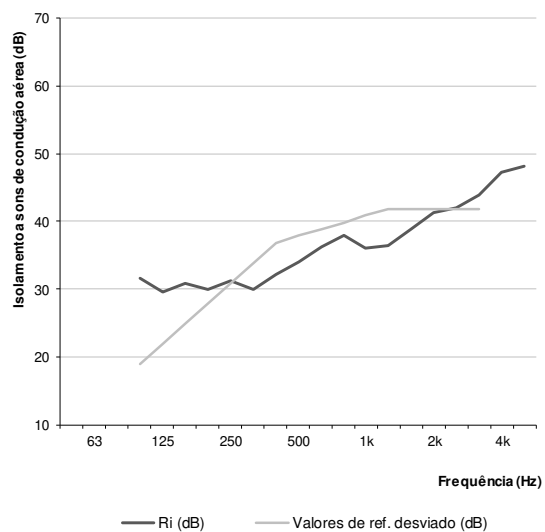
Características do Compartimento Recetor

Comprimento	5,3 m	Área Opaca	16,1 m ²
Largura	6,1 m	Área Envidraçada	5,3 m ²
Altura	3,5 m	Área Total	21,4 m ²
Volume	113,2 m ³	% Área Envid.	25 %
Elemento	Constituição		
Parede [par]	Bloco de alvenaria furada com 15 cm de espessura rebocada em ambas as faces		
Janela [jan]	Caixilharia simples com vidro duplo, Rw (C;Ctr) = 35 (-1;-3) dB		
TR (s)	Notas		
0,7	Valor de referência (TR)		
K	-2		
ΔL_f	0		

Estimativa do Isolamento de Fachada

f [Hz]	R _{w,par}	R _{w,jan}	R _{w,pond}	D _{2m,nT}
100	36,0	28,7	32,8	31,7
125	37,0	25,5	30,7	29,6
160	38,0	26,8	32,0	30,8
200	38,0	25,8	31,1	30,0
250	37,0	27,6	32,4	31,2
315	31,0	31,2	31,0	29,9
400	33,0	34,1	33,2	32,1
500	35,0	35,7	35,2	34,0
630	38,0	36,0	37,4	36,3
800	41,0	36,0	39,1	38,0
1000	44,0	31,9	37,2	36,1
1250	47,0	31,9	37,6	36,4
1600	49,0	34,3	40,0	38,8
2000	51,0	36,8	42,4	41,3
2500	53,0	37,4	43,1	42,0
3150	55,0	39,4	45,1	44,0
4000	57,0	42,7	48,3	47,2
5000	59,0	43,7	49,4	48,3

D _{2m,nT,w} [dB]	C	Ctr
38	-1	-3



Verificação Regulamentar

Limite Reg.	25	dB
D _{2m,nT,w}	38	dB
Verificação	Cumpre	

Determinação do Tempo de Reverberação

Projecto	REGA
Espaço Recetor	Sala de reuniões
Objectivo	Verificação do tempo de reverberação
	Verificação Regulamentar

Dimensões, Áreas e Volumetrias

Largura - x	3,6 m	Área Pavimento/Tecto	27	m ²
Comprimento	7,5 m	Área de paredes	78	m ²
Altura - z	3,5 m	Volume	95	m ³

Características Acústicas dos Materiais de Revestimento

Ref.ª	Paredes	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
4	x - Material 1	25,2	100	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
4	y - Material 1	45,5	87	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
202	v - Material 2	7.0	13	-	-	0.15	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	-	Vidro duplo c/ caixa

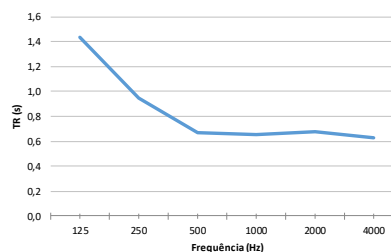
				α / f [Hz]									
Ref.ª	Pavimento	Área	%	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Descrição
104	Pavimento 1	27,0	100	-	-	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	-	Linoleum

Ref.º	Tecto	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
5	Tecto 1	2,7	10	-	-	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	-	Gesso Cartonado
436	Tecto 2	24,3	90	-	-	0,30	0,55	0,80	0,80	0,70	0,75	-	Knauf Cleaveo 8/18Q (19,8%) + caixa-ar 65mm c/ LM

Ref.ª	Outro	Área	α / f [Hz]								Descrição	
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
508	Outro 5 - z	4	-	-	0,15	0,11	0,15	0,20	0,35	0,30	-	Mobiliário simples

Estimativa de Tempo de Reverberação e Verificação de Cumprimento de Critério

Factor	0,15								
Frequência:	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TR calculado:	-	-	1,4	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6	-
TR ideal:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de Reverberação:	500 - 2000				Hz				
Limite Regulamentar:	0,7				s				
Valor calculado:	0,7				s				
Verificação:	Cumpre								
Área absorção equiv.	500 - 2000				Hz				
Limite Regulamentar:	6,8				m2				
Valor calculado:	22,6				m2				
Verificação:	não aplicável								



Observações:

A estimativa de Tempo de Reverberação foi efectuada recorrendo à fórmula de Sabine, uma vez que, para este espaço prevê-se uma distribuição homogénea de materiais de revestimento interior com diferenças significativas de comportamento acústico - coeficientes de absorção.

Determinação do Tempo de Reverberação

Projecto	REGA
Espaço Recetor	Sala de controlo
Objectivo	Verificação do tempo de reverberação
	Verificação Regulamentar

Dimensões, Áreas e Volumetrias

Largura - x	4,5 m	Área Pavimento/Tecto	27	m ²
Compriment	6,0 m	Área de paredes	74	m ²
Altura - z	3,5 m	Volume	95	m ³

Características Acústicas dos Materiais de Revestimento

Ref.ª	Paredes	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
4	x - Material 1	31,5	100	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
4	y - Material 1	37,8	90	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
202	y - Material 2	4,2	10	-	-	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	-	Vidro duplo c/ caixa

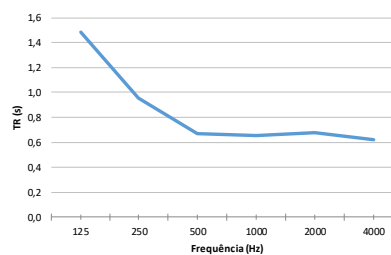
				α / f [Hz]									
Ref. ^a	Pavimento	Área	%	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Descrição
104	Pavimento 1	27,0	100	-	-	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	-	Linoleum

				α / f [Hz]									
Ref.ª	Tecto	Área	%	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Descrição
5	Tecto 1	2,7	10	-	-	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	-	Gesso Cartonado
436	Tecto 2	24,3	90	-	-	0,30	0,55	0,80	0,80	0,70	0,75	-	Knauf Cleaveo 8/18Q (19,8%) + caixa-ar 65mm c/ LM

Ref.ª	Outro	Área	α / f [Hz]								Descrição	
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
508	Outro 5 - z	5	-	-	0,15	0,11	0,15	0,20	0,35	0,30	-	Mobiliário simples

Estimativa de Tempo de Reverberação e Verificação de Cumprimento de Critério

Factor	0,15								
Frequência:	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TR calculado:	-	-	1,5	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6	-
TR ideal:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo de Reverberação:	500 - 2000				Hz				
Limite Regulamentar:	0,7				s				
Valor calculado:	0,7				s				
Verificação:	Cumpre								
Área absorção equiv.	500 - 2000				Hz				
Limite Regulamentar:	6,8				m²				
Valor calculado:	22,6				m²				
Verificação:	não aplicável								



Observações:

A estimativa de Tempo de Reverberação foi efectuada recorrendo à fórmula de Sabine, uma vez que, para este espaço prevê-se uma distribuição homogénea de materiais de revestimento interior com diferenças significativas de comportamento acústico - coeficientes de absorção.

Determinação do Tempo de Reverberação

Projecto	REGA
Espaço Recetor	Open space
Objectivo	Verificação do tempo de reverberação
	Verificação Regulamentar

Dimensões, Áreas e Volumetrias

Largura - x	6,1 m	Área Pavimento/Tecto	57	m ²
Compriment	9,3 m	Área de paredes	108	m ²
Altura - z	3,5 m	Volume	199	m ³

Características Acústicas dos Materiais de Revestimento

Ref.ª	Paredes	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
4	x - Material 1	42,7	100	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
4	y - Material 1	56,3	86	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
202	v - Material 2	8,8	14	-	-	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	-	Vidro duplo c/ caixa

Ref.ª	Pavimento	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
104	Pavimento 1	56,7	100	-	-	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	-	Linoleum

Ref.ª	Tecto	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
5	Tecto 1	5,7	10	-	-	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	-	Gesso Cartonado
436	Tecto 2	51,1	90	-	-	0,30	0,55	0,80	0,80	0,70	0,75	-	Knauf Cleaneo 8/18Q (19,8%) + caixa-ar 65mm c/ LM

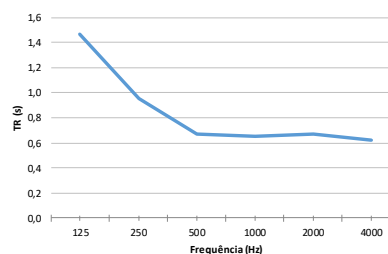
Ref. ⁸	Outro	Área	α / f [Hz]								Descrição	
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
508	Outro 5 - z	14	-	-	0.15	0.11	0.15	0.20	0.35	0.30	-	Mobiliário simples

Estimativa de Tempo de Reverberação e Verificação de Cumprimento de Critério

Factor	0,15								
Frequência:	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TR calculado:	-	-	1,5	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6	-
TR ideal:	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tempo de Reverberação:	500 - 2000	Hz
Limite Regulamentar:	0,9	s
Valor calculado:	0,7	s
Verificação:	Cumpr	

Área absorção equiv.	500 - 2000	Hz
Limite Regulamentar:	14,2	m ²
Valor calculado:	47,6	m ²
Verificação:	não aplicável	



Observações:

A estimativa de Tempo de Reverberação foi efectuada recorrendo à fórmula de Sabine, uma vez que, para este espaço prevê-se uma distribuição homogénea de materiais de revestimento interior com diferenças significativas de comportamento acústico - coeficientes de absorção.

Determinação do Tempo de Reverberação

Projecto	REGA
Espaço Recetor	Cafetaria
Objectivo	Verificação do tempo de reverberação
	Verificação Regulamentar

Dimensões, Áreas e Volumetrias

Largura - x	5,3 m	Área Pavimento/Tecto	32	m ²
Compriment	6,1 m	Área de paredes	80	m ²
Altura - z	3,5 m	Volume	113	m ³

Características Acústicas dos Materiais de Revestimento

Ref.º	Paredes	Área	%	α / f [Hz]								Descrição
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	
4	x - Material 1	37,1	100	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
4	y - Material 1	37,6	88	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	-	Reboco
202	y - Material 2	5,1	12	-	-	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	-	Vidro duplo c/ caixa

				α / f [Hz]									
Ref.º	Pavimento	Área	%	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Descrição
106	Pavimento 1	32,3	100	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	-	Pavimento cerâmico

Ref.º	Tecto	Área	%	α / f [Hz]								Descrição	
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
5	Tecto 1	3,2	10	-	-	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	-	Gesso Cartonado
436	Tecto 2	29,1	90	-	-	0,30	0,55	0,80	0,80	0,70	0,75	-	Plataforma criada a 100 cm (119,07%) + caixa acústica 110

			α / f [Hz]									
Ref.ª	Outro	Área	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Descrição
508	Outro 5 - z	5	-	-	0.15	0.11	0.15	0.20	0.35	0.30	-	Mobiliário simples

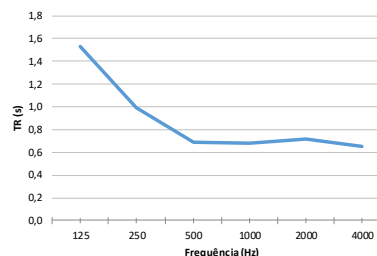
Estimativa de Tempo de Reverberação e Verificação de Cumprimento de Critério

Factor 0,15

Frequência:	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TR calculado:	-	-	1,5	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6	-
TR ideal:	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tempo de Reverberação:	500 - 2000	Hz
Limite Regulamentar:	0,7	s
Valor calculado:	0,7	s
Verificação:	Cumpr	

Área absorção equiv.	500 - 2000	Hz
Limite Regulamentar:	8,1	m ²
Valor calculado:	25,9	m ²
Verificação:	não aplicável	



Observações:

A estimativa de Tempo de Reverberação foi efectuada recorrendo à fórmula de Sabine, uma vez que, para este espaço prevê-se uma distribuição homogénea de materiais de revestimento interior com diferenças significativas de comportamento acústico - coeficientes de absorção.