INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Projeto de Comportamento Térmico, Certificação energética e Ensaios acústicos

FÁBIO DANIEL DA SILVA MOREIRA

Outubro de 2014

POLITÉCNICO
DO PORTO

DIPRE

2013/2014

Monografia

Projeto de Comportamento Térmico

Certificação energética

Ensaios acústicos

Orientador: Eng.ª Teresa Neto Silva

Orientador: Eng.º António Santos Lessa

Coorientador: Eng.º Daniel Gonçalves

Autor:

Fábio Daniel da Silva Moreira, nº 1081652

Porto, 4 de Outubro de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me auxiliaram durante o estágio curricular e na realização deste relatório.
À Eng.ª Teresa Neto, agradeço a sua disponibilidade, conhecimento e informação partilhada, sendo estes fatores essenciais para execução do relatório.
Ao Eng.º António Lessa, agradeço a oportunidade de estágio na sua empresa e a sua disponibilidade para ajudar quando solicitado.
Ao Eng.º Daniel Gonçalves, agradeço a orientação, esclarecimento de dúvidas e o auxílio prestado durante o estágio e na concretização do relatório.
Ao Eng.º Ricardo Duarte, agradeço o apoio e a partilha de conhecimentos na área da Acústica de Edifícios.
À Engª Marta Almeida, agradeço a ajuda prestada na elaboração do Projeto de Comportamento Térmico de um edifício.
A todos colegas da empresa ASL & Associados, agradeço o acolhimento no início do estágio, o companheirismo durante o mesmo e ajuda prestada em alguns momentos.

Aos meus pais que com o seu apoio permitiram que concluísse o meu ensino, finalizando esta última etapa do mestrado em Engenharia Civil.

RESUMO

O presente relatório incluído na Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do Mestrado (DIPRE) em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e desenvolvido no âmbito do estágio curricular realizado na empresa Asl & Associados, tem como principais objetivos a minha integração no mercado de trabalho e obtenção de experiência profissional.

Neste trabalho, serão abordados temas como as introduções teóricas ao Comportamento Térmico e Acústico de Edifícios de Habitação, estudos de casos práticos como o Projeto de Comportamento Térmico de uma grande intervenção, Certificação Energética de edifícios existentes com base no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e Ensaios Acústicos de Edifícios de acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.

O projeto realizado consistiu no estudo do comportamento térmico do edifício na Avenida Marechal Gomes da Costa nº802, no Porto. Nesse estudo realizou-se a verificação das soluções construtivas, por vezes foram propostas alterações das mesmas de modo a verificar os requisitos impostos pelo REH e foi realizada a emissão do seu pré-certificado.

A maior parte do período em que decorreu o estágio na empresa foi preenchida com a realização de certificados energéticos de frações autónomas e de moradias. Para a recolha da informação necessária à sua elaboração, foram efetuadas várias vistorias aos imóveis referidos.

Foram também efetuados durante o estágio, ensaios acústicos a edifícios de habitação e comércio e elaborado o respetivo relatório de ensaio.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de Comportamento Térmico, Certificação Energética e Ensaios Acústicos.

ABSTRACT

The present report included in the Curriculum Unit of Thesis/Project/Internship (DIPRE) the Masters in Civil Engineering from the ISEP and developed under the curricular internship performed in ASL & ASSOCIADOS, has as main objectives the my integration into the labor market and gaining experience.

In this work, the theoretical topics such as introductions to the Thermal and Acoustic Behavior of Residential Buildings, practical case studies such as Project Thermal Behavior of a major intervention, Energy Certification of existing buildings based on the Regulation of Energy Performance of Buildings will be addressed housing and acoustic Tests of buildings in accordance with the requirements of Regulation acoustic of Buildings.

The project undertaken was to study the thermal behavior of the building on Avenida Marechal Gomes da Costa 802. This study was carried out verification of constructive solutions, sometimes proposed changes therein so check the requirements of the REH and the issuing its pre-certified.

Most of the period in which the stage was filled by the company in achieving energy certificates autonomous fractions and housing. To collect the information necessary for their preparation, properties referred to several surveys were conducted.

Were also made during the stage, the sound of residential and commercial buildings and elaborate your respective report test trials.

KEYWORDS: Project Thermal Behavior, Energy Certification and Acoustic Tests.

ÍNDICE GERAL

1.Introdução 1
1.1. Objetivos e âmbito 1
1.2. Estrutura do relatório 1
1.3. ASL & Associados 2
2.Introdução ao Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação 6
2.1. Legislação aplicável 6
2.2. Edifícios novos e grandes intervenções 9
2.2.1. Comportamento térmico de edifícios sujeitos a grande intervenção 9
2.2.2. Eficiência dos sistemas técnicos de edifícios sujeitos a grande intervenção 11
2.3. Certificação energética de edifícios existentes 12
2.3.1. Simplificações consideradas 13
2.3.2. Valores de referência e máximos admissíveis 22
3.Acústica de Edifícios e Ensaios 24
3.1. Ensaios Acústicos 24
3.1.1. Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos 24
3.1.2. Isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas 25
3.1.3. Isolamento sonoro a sons de percussão 26
3.1.4. Procedimento do ensaio de medição do isolamento a sons aéreos entre compartimentos 27
3.1.5. Procedimento de ensaio de medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas 33
3.1.6. Procedimento do ensaio de medição do isolamento sonoro a sons de percussão 35
3.2. Equipamentos utilizados 39
3.3. Enquadramento regulamentar 41
4.Software utilizado 43
4.1. Folhas de cálculo 43
4.2. Solterm 45
5.Casos de estudo 46
5.1. Projeto de Comportamento Térmico 46
5.1.1. Introdução 46
5.1.2. Âmbito de Aplicação 48
5.1.3. Zona climática 49
5.1.4. Caraterísticas do edifício existente 49
5.1.5. Características do projeto de licenciamento 52
5.1.6. Definição de "Zonas independentes" 55
5.1.7. Inércia térmica 58

5.1.8. Pé direito ponderado 59
5.1.9. Quantificação dos parâmetros térmicos 59
5.1.10. Verificação dos requisitos mínimos 73
5.1.11. Pontes térmica lineares 78
5.1.12. Renovação de ar 80
5.1.13. Necessidades de energia para a preparação de água quente sanitária 80
5.1.14. Sistemas de aquecimento e arrefecimento do ambiente 82
5.1.15. Pormenores construtivos 83
5.1.16. Verificação dos requisitos energéticos do edifício e classe energética obtida 83
5.1.17. Nota final 85
5.2. Certificação energética de uma habitação 85
5.2.1. Levantamento 86
5.2.2. Definição dos espaços não úteis e envolventes 88
5.2.3. Cálculos auxiliares 91
5.2.4. Sistemas técnicos 91
5.2.5. Renovação de ar 92
5.2.6. Envolvente opaca exterior 92
5.2.7. Vãos opacos exteriores 95
5.2.8. Classe energética segundo o REH 96
5.2.9. Medidas de melhoria 97
5.3. Ensaio acústico 101
5.3.1. Descrição do edifício e compartimentos críticos 101
5.3.2. Ensaios acústicos realizados 104
5.3.3. Resultados obtidos 105
5.3.4. Conclusões 108
5.3.5. Relatório acústico 108
6.Restante trabalho realizado 108
6.1. Certificação energética 108
6.2. Acústica de edifícios 109
7.Conclusões 114
8.Bibliografia 115

ANEXOS

ANEXO I – Pré-certificado energético de um edificio de habitação sujeita a grande intervenção

ANEXO II – Cálculo da inércia térmica

ANEXO III – Certificado energético do edifício de habitação existente

ANEXO IV – Relatório acústico de um edifício habitação e comércio

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento *Blower Door* 2
Figura 2 - Asl e Associados 3
Figura 3 – Posição 1 da fonte sonora e disposição do recetor (Sons aéreos) 29
Figura 4 - Posição 2 da fonte sonora e disposição do recetor (Sons aéreos) 30
Figura 5 - Medição tempo de reverberação (Sons aéreos) 32
Figura 6 – Diagrama da curva de referência - $D_{nT,w}$ 32
Figura 7 - Esquema representativo das distâncias mínimas. 35
Figura 8 - Posições da fonte sonora e recetora (Sons de percussão) 37
Figura 9 – Curva de referência - L'nT,w 39
Figura 10 - Sonómetro Integrador 2250 39
Figura 11 - Fonte sonora omnidirecional Omnipower 4292 40
Figura 12 - Amplificador de Potência 2716 40
Figura 13 - Máquina de percussão 3207 40
Figura 14 - Folha de cálculo da ITeCons 44
Figura 15 - Relatório de Peritagem da ITeCons 44
Figura 16 - Folha de cálculo da Ventilação do LNEC 45
Figura 17 - Soltherm 45
Figura 18 - Localização do edifício (fonte: maps.google.pt) 46
Figura 19 – Planta do rés-do-chão (compartimentos) 47
Figura 20 – Planta do 1º andar (compartimentos) 47
Figura 21 - Edifício existente 48
Figura 22 - Revestimento cerâmico no rés-do-chão 50
Figura 23 - Revestimento em madeira no 1º andar 51
Figura 24 – Revestimento em cerâmico terraço 51
Figura 25 - Envidraçado existente 51
Figura 26 - Radiadores elétricos existentes 52
Figura 27 – Termoacumulador elétrico existente 52
Figura 28 – Fachada orientada a Nordeste 54
Figura 29 - Fachada orientada a Sudoeste 54
Figura 30 - Fachada orientada a Sudeste 54
Figura 31 - Fachada orientada a Noroeste 55
Figura 32 - Planta com envolventes do rés-do-chão (1) 56
Figura 33 - Planta com envolventes do rés-do-chão (2) 57
Figura 34 - Planta com envolvente do 1º andar 57
Figura 35 - Corte com as envolventes do edifício 58
Figura 36 - Legenda das envolventes 58
Figura 37 - Pormenor construtivo da PE1 61
Figura 38 - Pormenor construtivo da PI1 62

Figura 39 - Pormenor construtivo da PI2 63
Figura 40 - Pormenor construtivo da PI3 64
Figura 41 - Pormenor construtivo da PI4 65
Figura 42 - Pormenor construtivo da COBE1 66
Figura 43 - Pormenor construtivo da COBI1 67
Figura 44 - Pormenor construtivo da COBI2 68
Figura 45 - Pormenor construtivo da COBI3 69
Figura 46 - Pormenor construtivo do PAVT1 70
Figura 47 -Porta PORSEG série Invicta S 71
Figura 48 – Palas verticais à esquerda e à direita do rés-do-chão (βesq e βdir) 75
Figura 49 - Palas verticais à esquerda e à direita do 1º andar (βesq e βdir) 75
Figura 50 – Pala horizontal (α) 76
Figura 51 – Painel Vulcano WarmSun FKC e termoacumulador NaturaAqua 81
Figura 52 – Esquema exemplificativo do sistema solar a instalar 82
Figura 53 – DAIKIN RXYSQ 6 P 83
Figura 54 - Classes de desempenho energético 84
Figura 55 - Moradia caso de estudo 85
Figura 56 – Planta do rés-do-chão e 1º andar 86
Figura 57 - Planta r/c e 1ºandar 89
Figura 58 - Pavimento térreo (r/c) e pavimento com requisitos de interior (1ºandar) 89
Figura 59 -Teto com requisitos de interior (r/c e 1ºandar) 90
Figura 60 - Legenda das envolventes 90
Figura 61 - Caldeira Vulcano TL 35 e radiador mural 91
Figura 62 - Pavimento interior em madeira 94
Figura 63 - Envidraçado exterior 95
Figura 64 – Classes energéticas 96
Figura 65 - Caldeira Vulcano CTL 25 SK 97
Figura 66 – Exemplo de montagem do teto falso 98
Figura 67 - Localização (SolTerm) 99
Figura 68 – Tipologia (SolTerm) 99
Figura 69 - Sistemas térmicos (SolTerm) 100
Figura 70 - Análise energética (SolTerm) 100
Figura 71 - Bloco 1 102
Figura 72 - Bloco 7 102
Figura 73 - Bloco 8 102
Figura 74 - Quarto tipo 103
Figura 75 - Sala tipo 103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções. (Fonte: Portaria 349-B/2013) 12
Tabela 2 - Regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional (Despacho E/2013) 14
Tabela 3- Valores do coeficiente de transmissão térmica por elementos em contacto com o solo (Despacho E/2013) 16
Tabela 4 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares (Despacho E/2013) 17
Tabela 5 - Regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior (Despacho E/2013) 18
Tabela 6 - Valores do produto Fs*Fg para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existentes (Despacho E/2013) 19
Tabela 7 - Valores do produto Fs*Fg para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existentes (Despacho E/2013) 20
Tabela 8 - Valores base de eficiência para equipamentos convencionais de climatização e e de produção de AQS em edifícios existentes (Despacho E/2013) 22
Tabela 9 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados (Despacho E/2013) 22
Tabela 10 - Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência (Despacho E/2013) 23
Tabela 11 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos (Despacho E/2013) 23
Tabela 12 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados (Despacho E/2013) 24
Tabela 13 - Limites regulamentares para Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras (RRAE) 42
Tabela 14 - Limites regulamentares para Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais (RRAE) 43
Tabela 15 - Determinação do btr dos espaços não úteis 56
Tabela 16 – Determinação do pé direito ponderado 59
Tabela 17 – Comparação dos coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas, de referência e máximos. 74
Tabela 18 - Fator de sombreamento dos vãos envidraçados exteriores 74
Tabela 19 – Relação da área dos envidraçados com a área do respetivo compartimento 76
Tabela 20 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados (g_{Tmax}) 77
Tabela 21 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais (F_0) e verticais (F_F) na estação de aquecimento e arrefecimento 77
Tabela 22 – Verificação do fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados 78
Tabela 23 - Pontes térmicas lineares pela envolvente exterior e interior 80
Tabela 24 - Características Principais (para condições standard EUROVENT) 83
Tabela 25 - Pontes térmicas lineares pela envolvente exterior 93
Tabela 26 - Pontes térmicas lineares pela envolvente interior 95
Tabela 27 - Resultados dos ensaios aéreos de fachada 105
Tabela 28 – Resultados dos ensaios a sons aéreos entre compartimentos interiores 106
Tabela 29 - Resultados dos ensaios a sons de percussão 107
Tabela 30 - Resultado do ensaio ao tempo de reverberação 107
Tabela 31 -Características dos compartimentos ensaiados 111

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

H - Altura (m)

Rph - Renovações por hora (-)

V - Volume interior da fração (m3)

Ap - Área útil de pavimento da fração (m2)

Nic - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)

Ni - Valor máximo de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)

Nvc - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)

Ni - Valor máximo de necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)

Nac - Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (kWh/m2.ano)

Na - Valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (kWh/m2.ano)

Ntc - Necessidades nominais anuais globais (kgep/m2.ano)

Nt - Valor máximo admissível de energia primária (kgep/m2.ano)

Esolar - Contribuição de coletores solares para o aquecimento de AQS (kWh/ano)

Eren - Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (kWh/ano)

Rsi - Resistência superficial interior (m2.ºC/W)

Rse - Resistência superficial exterior (m2.ºC/W)

α - Coeficiente de absorção da superfície exterior da parede (-)

As - Área efetiva coletora da radiação solar (m2)

Fg - Fração envidraçada (-)

g⊥ - Fator solar do vão envidraçado para radiação incidente na perpendicular ao envidraçado (-)

U - Coeficiente de transmissão térmica (W/m2. ºC)

btr - Coeficiente de redução de perdas (-)

ψ - Coeficiente de transmissão térmica linear (W/m.ºC)

Pd - Pé-direito (m)

GD - Graus-dias de aquecimento (ºC/dia)

Hve - Coeficiente de transferência de calor por ventilação devido à renovação do ar interior (W/ºC)

ADENE - Agência para a Energia

AQS - Água Quente Sanitária

CAD - Computer Aided Design

CE - Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNEG Laboratório Nacional de Energia e Geologia

NP - Norma Portuguesa

PQ - Perito Qualificado

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

REH - Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

VE - Vão Exterior

α - Coeficiente de absorção sonora

I - Intensidade sonora (W/m2)

LA - Nível de pressão sonora [dBA]

LAeq - Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A (dB)

Lp – Nível de Pressão Sonora (dB)

LI – Nível de Intensidade Sonora (dB)

LW – Nível de Potência Sonora (dB)

TR - Tempo de reverberação (s)

p - pressão sonora (Pa);

λ - Comprimento de onda (m);

f - frequência (Hz)

RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

RGR - Regulamento Geral Sobre o Ruído

RLPS - Regime Legal sobre a Poluição Sonora

RRAE - Regulamento de Requisitos Acústicos de Edifícios

DnT,w - Índice de Isolamento Sonoro a ruídos de condução aérea padronizado;

D2m,nT,w - Índice de Isolamento Sonoro a ruídos de condução aérea padronizado com o exterior

R – Índice de redução sonora (dB);

R'w - índice de redução sonora aparente (dB);

S - superfície do elemento de separação (m2).

1. Introdução

1.1. Objetivos e âmbito

Este relatório de estágio realizado na empresa ASL & Associados, pretende descrever os assuntos abordados durante este período, etapa final necessária e fundamental para obter o grau de "Mestre" em Engenharia Civil.

Esta oportunidade permitiu-me estabelecer contacto com uma empresa que trabalha em várias áreas da Engenharia Civil: projetos das várias especialidades, certificação energética de edifícios existentes e novos, ensaios acústicos, obtenção de conhecimentos e experiência com o trabalho de equipa desenvolvido com os colegas que nela trabalham. Todo este trabalho, para além de ser muito importante para o meu currículo, poderá permitir um ingresso no mercado de trabalho com maior facilidade.

Durante este período, como planeado e descrito no meu plano de estágio, realizei vários certificados energéticos de edifícios existentes, vistorias aos imóveis para recolha das informações necessárias à sua elaboração, um projeto de comportamento térmico de uma moradia e por fim e numa área diferente, acompanhei e realizei ensaios acústicos e o seu relatório.

1.2. Estrutura do relatório

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos, estes subdivididos em subcapítulos, nos quais estão descritos todo o trabalho desenvolvido de pesquisa no âmbito do estágio.

O capítulo 1 serve de introdução ao relatório de estágio e nele estão descritos os objetivos e âmbito referentes ao Estágio Curricular e uma breve descrição da empresa ASL & Associados.

No capítulo 2 é feita uma introdução ao desempenho energético de edifícios de habitação sujeitos a grandes intervenções, certificação energética de edifícios existentes e legislação aplicável.

No capítulo 3 é realizada uma introdução teórica e os respetivos procedimentos de ensaios acústicos nos edifícios de habitação e legislação respetiva.

No capítulo 4 é descrito todo o *software* utilizado na elaboração do projeto de comportamento térmico e certificação energética.

No capítulo 5 são apresentados os estudos de casos realizados durante o estágio, como a elaboração do projeto de comportamento térmico, certificação do desempenho energético de edifícios existentes e aplicação de medidas de medidas de modo a melhorar a classe energética obtida, ensaios acústicos realizados e a elaboração do relatório de ensaio.

No capítulo 6 é resumido todo o trabalho restante realizado durante o estágio curricular.

No capítulo 7 é feito uma reflexão do trabalho realizado na empresa, descrevendo as principais conclusões retiradas do estágio e do desenvolvimento deste relatório.
No final do presente documento encontram-se todos os Anexos considerados essenciais para a elaboração do presente Relatório de Estágio.

1.3. ASL & Associados

A ASL & Associados é uma empresa fortemente vocacionada para a área de projeto e consultoria em engenharia civil. A empresa baseia a sua estratégia de atuação na oferta de um serviço global de engenharia, abrangendo nomeadamente as seguintes áreas:

- Projeto e revisão de projetos;
- Gestão de projetos e obras;
- Certificação energética;
- Ensaios acústicos;
- Termografia;
- *Blower door*, pioneira em Portugal;
- *House check up*.

Figura 1 - Equipamento *Blower Door*

Fundada em 2006, a empresa encontra-se sediada na Rua Gonçalves Zarco, nº1129B, sala 406, 4450-685 Leça da Palmeira, Portugal e atualmente nela trabalham 10 colaboradores.

Figura 2 - Asl e Associados

A Asl & Associados já realizou projetos internacionais para diversos países como:

- TEBIG – Terminal da Baía da Ilha Grande, Brasil;
- COMPERJ – Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro;
- REKKOF Brasil, em Anápolis – Goiás;
- UFNIII – Unidade de Fertilizantes Nitrogenados III, Rio de Janeiro, Brasil;
- Estação de Antônio Gianetti Neto, na Linha 11 – Coral em São Paulo, Brasil;
- Estação de Baltazar Fidélis em São Paulo, Brasil;
- Estação de Pirituba em São Paulo, Brasil;
- Estação de Itaquequecetuba, em São Paulo, Brasil;
- Edifício em Tripoli, Líbia;
- Edifício BCI – Angola;
- Porto Marítimo de Cabo Verde;
- Edifício Somoil – Angola;
- Instituto Tecnológico da Guiné Equatorial;
- Edifício Nelson Gonzaga – Angola.
- Etc.

A nível nacional, a empresa realizou os seguintes projetos:

- Escolas e creches
    - Creche de Montalegre
    - Requalificação e Ampliação da Escola de Sampaio, Ermesinde
    - Reformulação da Escola Mendonça Furtado no Barreiro, Lisboa
    - Escola de Campelo na freguesia de Sobrado, Valongo

- Requalificação e Ampliação da Escola da Balsa, Sobrado
- Creche e Jardim Infantil, Arcozelo, Vila Nova de Gaia
- Escola da Estação – Valongo
- Escola de Moirais – Valongo
- Etc.

- Hospitais e Lares de Idosos
  - Lar e Centro de Dia São José, Montalegre;
  - Ampliação da Urgência Pediátrica do Hospital da Póvoa de Varzim;
  - Ampliação do Serviço de Obstetrícia e Bloco Operatório do Hospital da Póvoa de Varzim;
  - Ampliação da Sala de Cirurgia do Ambulatório do Hospital de Vila do Conde;
  - Reformulação da cobertura do Hospital de Vila do Conde;
  - Adaptação das Instalações do Teatro Anatómico.
  - Etc.
- Unidades Hoteleiras
  - Projeto da Ampliação de um Hotel no Porto, Grupo Pestana SGPS, S.A;
  - Projeto de licenciamento do Hotel Loulé, em Paranhos, Porto, para Rosinha, Pereira & Gonçalves – Empreendimentos Turísticos, Lda;
  - Projeto de um hotel localizado na Praça do Comércio, Lisboa, pelo Grupo Pestana SGPS, S.A;
  - Ampliação da Estalagem de St.º André, Póvoa de Varzim;
  - Hotel de Caldas de Aregos.
  - Etc.
- Edifícios Comerciais e indústrias
  - Projeto de diversos edifícios destinados a armazém na freguesia de Aveleda, Vila do Conde;
  - Estudo de drenagem de águas pluviais, Vila do Conde;
  - Loja Made In no Arena Shopping, Torres Vedras;
  - Loja Belita no Centro Comercial Dolce Vita, Ovar;
  - Loja Quiosque, no Jumbo de Alfragide;
  - Edifício de Serviços, na freguesia de Milheirós, Maia;
  - Edifício de Comércio e Serviços na Estrada da Circunvalação, Porto;
  - Mercado Municipal de Ribeira de Pena;
  - Etc.

- Edifícios Residenciais
    - Edifício de Habitação Unifamiliar, na freguesia de Salvador, Ribeira de Pena;
    - Edifício de Habitação Unifamiliar, na rua de Paredes, Porto;
    - Edifício de Habitação Unifamiliar, Porto;
    - Edifício de Habitação Unifamiliar na Gelfa, Caminha;
    - Edifício de Habitação Unifamiliar, na R. de Duque Saldanha, Porto;
    - Remodelação de Edifício de Habitação Coletiva, na rua Dr. José Galvão, Montemor-o-Velho;
    - Reabilitação de Edifício de Habitação Coletiva, na R. do Bicalho, n.º 120 e 122, Porto;
    - Etc.

A ASL emite certificados energéticos para edifícios existentes e pré-certificados para edifícios novos, nos termos previstos no Decreto-lei nº118/2013. Tem uma equipa que emite certificados energéticos de edifícios de habitação e de serviço, tendo já ultrapassando os 3195 certificados emitidos até a data presente.
A empresa tem como principais clientes:

- Qualitas Porto e Lisboa, Lda;
- Santander Totta;
- Montepio Geral;
- Remax;
- Comprar Casa;
- Gerlisboa-Empreendimentos Imobiliários, Lda;
- Construcciones Hermanos Carrajos, Lda;
- Castro & Filhos, S. A;
- Lar de Sonho;
- Casa Feliz;
- Foz Imóveis.

A empresa detém um laboratório de Ensaios Acústicos, que é acreditado pelo IPAC sob o nº L0612. No âmbito da acreditação do laboratório realizamos as seguintes medições:

- Isolamento sonoro a sons de condução aérea;
- Isolamento sonoro a sons de percussão;
- Isolamento sonoro a sons de condução aérea em fachadas;

- Tempo de reverberação de compartimentos;
- Ruído particular de equipamentos;
- Ruído ambiente;
- Critério de Incomodidade.

Desde o início da acreditação do laboratório acústico da empresa, esta já realizou vários ensaios como:

- Habitação unifamiliar, localizada em Vila Nova de Gaia;
- Edifício de serviços DUO – Miraflores Premium em Miraflores;
- Habitação unifamiliar, localizada em Cascais;
- Habitação unifamiliar, localizada em Esposende;
- Habitação unifamiliar localizada em Alfena;
- Edifício de habitação unifamiliar e de serviços, localizado em Paços de Ferreira;
- Relatório de avaliação de ruído ambiental para edifício comercial em Chaves;
- Edifício de habitação multifamiliar – Edifício Serralves;
- Habitação multifamiliar, localizada em Perafita;
- Edifício de Habitação multifamiliar, localizado em Lisboa;
- Novo Hospital de Braga;
- Etc.

2. Introdução ao Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

2.1. Legislação aplicável

O Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto revoga os anteriores Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE - DL78/2006 de 4 de Abril), Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - DL80/2006 de 4 de Abril) e Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE - DL79/2006 de 4 de Abril). No que diz respeito ao desempenho energético de edifícios de habitação, para além de alterações ao nível dos requisitos térmicos e energéticos, são preconizadas alterações nas metodologias de cálculo do desempenho energético.

De acordo com a ADENE, apresento um resumo sucinto dos temas abordados na nova legislação:

Decreto-Lei n.º 118/2013. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20

Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Portaria n.º 349-A/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29

Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29

Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Portaria n.º 349-C/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02

Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

Portaria n.º 349-D/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02

Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes. Será de forma abreviada como Despacho E/2013.

Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados. Será de forma abreviada como Despacho F/2013.

Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.

Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho. Será de forma abreviada como Despacho K/2013.

Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

2.2. Edifícios novos e grandes intervenções

De acordo com o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação:

- «Grande intervenção», a intervenção em edifício que não resulte na edificação de novos corpos e em que se verifique que: (i) o custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos preexistentes seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício, compreendido, quando haja frações, como o conjunto destas, com exclusão do valor do terreno em que este está implantado; ou (ii) tratando-se de ampliação, o custo da parte ampliada exceda em 25% o valor do edifício existente (da área interior útil de pavimento, no caso de edifícios de comércio e serviços) respeitante à totalidade do edifício, devendo ser considerado, para determinação do valor do edifício, o preço da construção da habitação por metro quadrado fixado anualmente, para as diferentes zonas do País, pela portaria a que se refere o artigo 4.º do Decreto-Lei n.º 329 -A/2000, de 22 de dezembro;
- «Pré-certificado», o certificado SCE para edifícios novos ou frações em edifícios novos, bem como para edifícios ou frações sujeitas a grandes intervenções, emitido em fase de projeto antes do início da construção ou grande intervenção.

2.2.1. Comportamento térmico de edifícios sujeitos a grande intervenção

Nos edifícios sujeitos a grandes intervenções existem regras de simplificação e de verificação dos limites regulamentares, que não são tão exigentes como as aplicáveis aos novos edifícios de habitação, nomeadamente:
1 - A relação entre os valores de necessidades nominais e o seu limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária, de edifícios sujeitos a grandes intervenções, deve ser verificado conforme coeficientes indicados na Tabela 1 e em função do ano de construção do edifício.

2 - Toda a grande intervenção na envolvente de um edifício obedece aos requisitos estabelecidos em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia, relativos aos valores máximos:

- Do coeficiente de transmissão térmica superficial dos elementos a intervencionar na envolvente opaca;
- Do fator solar dos vãos envidraçados horizontais e verticais a intervencionar.

3 - O valor da taxa de renovação horária nominal de ar para a estação de aquecimento e de arrefecimento de um edifício de habitação sujeito a grande intervenção, calculada de acordo com o definido pela DGEG, deve ser igual ou superior ao valor mínimo de renovações horárias determinado em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia.

4 - Nas situações descritas nos números anteriores em que, para a aplicação de um ou mais dos requisitos aí previstos, existam incompatibilidades de ordem técnica, funcional ou de valor arquitetónico, assim como nas situações descritas nos pontos 1 em que haja uma incompatibilidade de ordem técnica, funcional, de viabilidade económica ou de valor arquitetónico, pode o técnico autor do projeto adotar soluções alternativas para os elementos a intervencionar onde se verifiquem tais incompatibilidades, desde que:

a) Justifique as incompatibilidades existentes e a impossibilidade de cumprimento integral dos requisitos aplicáveis;
b) Demonstre que, com as soluções alternativas preconizadas, o desempenho do edifício não diminui em relação à situação antes da grande intervenção;
c) As situações de incompatibilidade, respetivas soluções alternativas e potenciais consequências fiquem explícitas no pré-certificado e no certificado SCE, nos casos aplicáveis.
d) O recurso a sistemas passivos que melhorem o desempenho energético do edifício deve ser promovido nas grandes intervenções a realizar, e o respetivo contributo deve ser considerado no cálculo das necessidades de energia do edifício, com base em normas europeias ou regras definidas para o efeito pela DGEG.

5 - As moradias unifamiliares com uma área útil inferior a 50 m2, sujeitas a grande intervenção, estão dispensadas da verificação dos requisitos de comportamento térmico estabelecidos no presente artigo.

6 - No caso de edifício sujeito a ampliação em que se preveja a edificação de novo corpo, este fica sujeito ao cumprimento dos valores de coeficiente de transmissão térmica de referência para a envolvente e vãos envidraçados, assim como ao cumprimento do fator solar máximo dos vãos envidraçados, para efeitos de verificação dos requisitos de comportamento térmico.

2.2.2. Eficiência dos sistemas técnicos de edifícios sujeitos a grande intervenção

1 - Os componentes instalados, intervencionados ou substituídos em sistemas técnicos devem cumprir os requisitos de eficiência e outros definidos em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia.

2 - A instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária num edifício sujeito a grande intervenção é obrigatória sempre que haja exposição solar adequada e desde que os sistemas de produção e de distribuição de água quente sanitária sejam parte dessa intervenção, de acordo com as seguintes regras:

a) A energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar de coletores padrão com as características que constam de portaria do membro do Governo responsável pela área da energia e calculado para o número de ocupantes convencional definido pela DGEG, na razão de um coletor padrão por habitante convencional;
b) O valor da área total de coletores pode, mediante justificação fundamentada, ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura com exposição solar adequada;
c) No caso do sistema solar térmico se destinar adicionalmente à climatização do ambiente interior da habitação, deve ser salvaguardado que a contribuição deste sistema seja prioritariamente para a preparação de água quente sanitária e que a mesma seja considerada para efeitos do disposto nas alíneas anteriores.

3 - Em alternativa à utilização de sistemas solares térmicos prevista no número anterior, podem ser considerados outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis que garantam, numa base anual, energia equivalente ao sistema solar térmico.

4 - A contribuição de sistemas de aproveitamento de energia renovável para a avaliação energética de um edifício sujeito a grande intervenção, e independentemente da dimensão dessa intervenção, só pode ser contabilizada, para efeitos do presente capítulo, mediante o cumprimento do disposto em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia, em termos de requisitos de qualidade, e calculando a respetiva contribuição de acordo com as regras definidas para o efeito pela DGEG.

5 - Nas situações previstas nos pontos 1 a 3 em que existam incompatibilidades de ordem técnica, funcional, de viabilidade económica ou de valor arquitetónico com o cumprimento dos requisitos aí previstos, bem como com a instalação dos sistemas a que se refere o ponto 3, pode o técnico autor do projeto optar pelo cumprimento parcial ou não cumprimento dos referidos requisitos, desde que, para isso:

a) Justifique as incompatibilidades existentes e a impossibilidade de cumprimento dos requisitos aplicáveis;
b) Demonstre que, com as soluções alternativas preconizadas, o desempenho do edifício não diminui em relação à situação anterior à grande intervenção;
c) As situações de incompatibilidade, respetivas soluções alternativas e potenciais consequências sejam expressamente mencionadas no pré-certificado e no certificado SCE, quando for caso disso.

6 - A razão entre o valor de Ntc de um edifício de habitação sujeito a grande intervenção, calculado de acordo com o previsto pela DGEG e o valor de Nt não pode exceder o estabelecido em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia, exceto nas situações previstas no número anterior.

7 - Os sistemas técnicos a instalar em edifícios sujeitos a ampliação devem cumprir com o disposto no ponto 1.

Ano de construção	Nic/Ni	Nvc/Nv	Ntc/Nt
Anterior a 1960	-	-	1.5
Entre 1960 e 1990	1.25	1.25	1.5
Posterior a 1990	1.15	1.15	1.5

Tabela 1 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções. (Fonte: Portaria 349-B/2013)

2.3. Certificação energética de edifícios existentes

Os edifícios são responsáveis pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO_2, quase a totalidade do compromisso da União Europeia (UE) no âmbito do Protocolo de Quioto.

A certificação energética de edifícios permite aos consumidores e utilizadores destes edifícios obter informação detalhada sobre o desempenho energético dos mesmos. Para além desse aspeto, em edifícios novos funciona também como mecanismo de verificação do cumprimento dos requisitos térmicos a que esses edifícios estão sujeitos. No caso de edifícios existentes, poderá servir de importante elemento de promoção, bem como de identificação de quais as medidas que podem conduzir a uma melhoria no desempenho energético e conforto.
Estes aspetos são muito importantes, uma vez que permitem aos donos dos edifícios reduzir a sua fatura energética substancialmente.

Para edifícios de habitação e de acordo com a ADENE, a realização da certificação energética é da responsabilidade dos proprietários dos imóveis e surge como obrigatória em diversos contextos. Nessa medida estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), os seguintes edifícios:

- Todos os edifícios novos;
- Todos os edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja intervenções na envolvente ou nas instalações técnicas do edifício, cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas em regulamento próprio;
- Todos os edifícios existentes de habitação, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

2.3.1. Simplificações consideradas

Nos termos e para os efeitos do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o despacho E/2013, procede à publicação das regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes, previstos nos artigos 28º e 30º do referido decreto-lei, nas situações em que se verifique impossibilidade ou limitação no acesso a melhor informação.

1. Envolvente

1.1. Levantamento dimensional

Parâmetro	Regras de Simplificação
Área interior útil de pavimento	Ignorar áreas de parede/pavimento/cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m;
Área de parede (interior e exterior)	Ignorar áreas de parede/pavimento/cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m;
Área de pavimento (interior e exterior)	Reduzir o valor da área interior útil de pavimento total em 10% caso a medição da área seja feita de forma global, incluindo a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos, isto é, sem compartimentação dos espaços;
Área de cobertura (interior e exterior)	A área das coberturas inclinadas (inclinação superior a 10º) pode ser medida no plano horizontal, agravando-se o valor medido em 25%.
Pé-direito médio	Em caso de pé-direito variável, deverá ser adotado um valor médio aproximado e estimado em função das áreas de pavimento associadas.
Área de portas (interior e exterior)	As portas de envolvente com uma área envidraçada inferior a 25% poderão considerar-se incluídas na secção corrente da envolvente opaca contígua, sendo que no caso contrário poderão ser tratadas globalmente como um vão envidraçado.

Tabela 2 - Regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional (Despacho E/2013)

1.2. Coeficiente de redução de perdas

Na determinação dos valores dos coeficientes de redução de perdas, btr para o cálculo da transferência de calor por transmissão através da envolvente interior, por elementos em contacto com locais não-úteis e edifícios vizinhos, admite-se que se possam tomar os seguintes valores por defeito:

- 0,8 para todos os espaços não úteis;
- 0,6 para edifícios adjacentes.

Caso se aplique a regra de simplificação descrita no número anterior, deverão considerar-se aqueles mesmos valores de referência de btr, para efeito de determinação do limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil.

A consideração do valor convencional referido para todos os espaços não úteis, indicado anteriormente, implica a contabilização de pontes térmicas lineares através de elementos da envolvente interior em contacto com os espaços não úteis, conforme definido do despacho mencionado no ponto anterior, uma vez que btr > 0,7.

2. Parâmetros térmicos

2.1. Transferência de calor por transmissão através da envolvente

2.1.1. Zonas correntes da envolvente

A caracterização térmica dos elementos em zonas correntes da envolvente, no que respeita à determinação dos coeficientes de transmissão térmica superficial, deverá realizar-se de acordo com a seguinte hierarquia de fontes de informação:

- Preferencialmente peças escritas e desenhadas do projeto e/ou ficha técnica, desde que a sua autenticidade e coerência com a realidade construída sejam verificadas pelo PQ;
- Em alternativa ao indicado na alínea anterior, publicações de referência do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC);
- Outras fontes de informação reconhecidas pelo Sistema de Certificação Energética (SCE), mediante despacho da entidade fiscalizadora do SCE.

Para os efeitos do disposto anterior, a solução escolhida deverá ter como base a apreciação crítica dos parâmetros necessários, designadamente, a espessura do elemento construtivo e o ano de construção do edifício.

Nos casos em que se recorra às publicações referidas no número 1 mas existam dúvidas na escolha da solução mais adequada, deverá ser adotada a solução mais conservadora de entre as soluções que são apresentadas, desde que coerentes com as características observáveis do elemento no local.

Independentemente da fonte de informação adotada, a caracterização efetuada deverá suportar-se em evidências recolhidas durante a visita ao local, designadamente, fotografias e medições que revelem a composição das soluções construtivas, podendo ainda suportar-se em medições in-situ de determinação da resistência térmica, de acordo com a norma ISO 9869.

2.1.2. Zonas Não Correntes da Envolvente

No âmbito do cálculo das perdas planas de calor por condução através da envolvente, caso as soluções construtivas, designadamente o isolamento térmico contínuo pelo exterior e paredes exteriores em alvenaria de pedra, garantam a ausência ou reduzida contribuição de zonas de ponte térmica plana, dispensa-se a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, podendo ser considerado para estes elementos o coeficiente de transmissão térmica da zona corrente da envolvente.

Nas situações em que não existam evidências de que a solução construtiva garante a ausência ou reduzida contribuição de zonas de ponte térmica plana, dispensa-se a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, podendo ser considerado para estes elementos o coeficiente de transmissão térmica determinado para a zona corrente, agravado em 35%.

Nos termos anteriores, o referido valor agravado será aplicado à globalidade da envolvente, compreendendo zonas correntes e não correntes.

2.1.3. Elementos em contacto com o solo

No âmbito do cálculo das perdas de calor por elementos em contacto com o solo poderá ser determinado o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial por pavimentos em contacto com o solo, U_{bf}, e o valor do coeficiente de transmissão térmica por paredes em contacto com o solo U_{bw}, em função da profundidade enterrada do pavimento e da resistência térmica dos elementos que contactam com o solo, conforme a tabela seguinte.

Em alternativa, o U_{bw} pode ser considerado igual ao da parede da envolvente exterior adjacente.

Z (m)	**Pavimento enterrado U_{bf} [W/(m2.°C)]**		**Parede enterrada U_{bw} [W/(m2.°C)]**	
	$R_f < 0.75$	$R_f \geq 0.75$	$R_w < 0.75$	$R_w \geq 0.75$
$Z < 1$	1.0	0.6	2.0	0.8
$1 \leq Z \leq 3$	0.8	0.6	1.5	0.7
$Z > 3$	0.6	0.4	0.8	0.5

Tabela 3- Valores do coeficiente de transmissão térmica por elementos em contacto com o solo (Despacho E/2013)

Em que:

- R_f e R_W - Resistências térmicas do pavimento e da parede em contacto com o solo, com exclusão das resistências térmicas superficiais interior Rsi e exterior Rse (m2.°C/W);
- Z - Valor médio da profundidade enterrada ao longo do perímetro exposto, (m).

2.1.4. Pontes Térmicas Lineares

No âmbito do cálculo das perdas de calor através de zonas de ponte térmica linear poderão considerar-se os valores constantes da tabela seguinte:

Tipo de ligação	Ψ [W/(m.ºC)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio (1) Fachada com varanda (1)	0.70
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0.50
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0.30

Tabela 4 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares (Despacho E/2013)

(1) Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

2.2. Classe de inércia térmica interior

A determinação da classe de inércia térmica interior do edifício deverá realizar-se de acordo com a seguinte hierarquia:

a) Preferencialmente, pela realização do cálculo de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos com base nos valores de massa superficial das soluções e revestimentos implementados no edifício;
b) Em alternativa ao indicado anteriormente, a classe de inércia térmica interior, pode ser determinada de acordo com as condições descritas na tabela seguinte, com base nas soluções e revestimentos implementados no edifício, considerando que:
    i. No caso de não se verificarem, cumulativamente, os requisitos que definem a classe de inércia térmica Forte ou Fraca, se deve considerar classe de inércia térmica Média.
    ii. Nas situações de dúvida entre o tipo de inércia Forte ou Média, deve-se optar pela inércia térmica Média;
    iii. Nas situações de dúvida entre o tipo de inércia térmica Média ou Fraca, deve-se optar pela inércia térmica Fraca.

Classe de Inércia Térmica Interior	Requisito
Fraca	Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções: - Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura); - Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira; - Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação;
Média	Caso não se verifiquem os requisitos necessários para se classificar a classe de inércia térmica em Forte ou Fraca.
Forte	Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções, sem aplicação de isolamento térmico pelo interior: - Pavimento e teto de betão armado ou pré-esforçado; - Revestimento de teto em estuque ou reboco; - Revestimento de piso cerâmico, pedra, parqué, alcatifa tipo industrial sem pelo, com exclusão de soluções de pavimentos flutuantes; - Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco; - Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; - Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem,…) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco

Tabela 5 - Regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior (Despacho E/2013)

3. Ganhos solares brutos

1. Para efeitos de cálculo dos ganhos solares brutos, o produto F_s*F_g necessário à determinação dos ganhos solares através de cada vão envidraçado poderá ser determinado de uma forma expedita, dispensando a avaliação rigorosa dos ângulos formados por elementos horizontais ou verticais sobrepostos aos vãos envidraçados, como palas, varandas, outros elementos do mesmo edifício, e por elementos provocadores de obstruções do horizonte.
2. Na estação de aquecimento, o produto F_s*F_g poderá ser calculado assumindo os valores indicados na tabela seguinte, mantendo-se a condição que, em nenhum caso o produto X_j*F_s deverá ser menor que 0,27.

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regras de aplicação
Produto Fs*Fg	Sem sombreamento Fs*Fg =0,63 (Fs=0,90; Fg=0,70)	- Envidraçados orientados a Norte; - Envidraçados nas restantes orientações, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard Fs*Fg =0,32 (Fs=0,45; Fg=0,70)	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45º.
	Fortemente sombreado Fs*Fg =0,19 (Fs=0,27; Fg=0,70)	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45º.

Tabela 6 - Valores do produto Fs*Fg para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existentes (Despacho E/2013)

Em que:

- Fs - Fator de obstrução dos vãos envidraçados
- Fg - Fração envidraçada

3. Na estação de arrefecimento, o produto Fs*Fg poderá ser calculado assumindo os valores indicados na Tabela seguinte.

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regras de aplicação
Produto Fs*Fg	Sem sombreamento Fs*Fg =0,63	- Envidraçados orientados a norte; - Envidraçados nas restantes orientações, sem palas horizontais.
	Sombreamento Normal/Standard Fs*Fg =0,56	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45º.
	Fortemente sombreado Fs*Fg =0,50	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45º.

Tabela 7 - Valores do produto Fs*Fg para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existentes (Despacho E/2013)

4. Ventilação

Taxa de renovação horária do ar interior por ventilação natural:

- Na determinação do valor de R_{ph} deve ser considerada a metodologia prevista na despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos, sendo que caso seja realizado um ensaio de pressurização para caracterizar a permeabilidade ao ar da envolvente de acordo com a norma EN 13829, pode ser considerado o valor n50 desse ensaio para estimar o caudal de infiltrações. Esta metodologia está patente na folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC e disponibilizada gratuitamente aos utilizadores.
- Nas situações em que não seja possível conhecer as secções das condutas de ventilação, deve ser considerada a relação entre a área livre da grelha sobre a área total da mesma.
- Nos casos de janelas em que não existam, ou não seja possível, obter informação sobre a classe de permeabilidade ao ar, mas existam vedantes em todo o perímetro da janela, estas poderão ser consideradas como de classe 2.

5. Eficiência dos Sistemas Técnicos

1 - No âmbito do cálculo das necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc}, a determinação da eficiência dos equipamentos de produção nos sistemas técnicos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias (AQS) de edifícios existentes deverá ser feita de acordo com a seguinte hierarquia de fontes de informação:

- Preferencialmente, pelos resultados de inspeção ou medição realizada no último ano, por entidade habilitada para o efeito;
- Em alternativa a resultados de medições, será permitida a utilização de informação técnica fornecida pelos fabricantes, com base em ensaios normalizados, mediante a verificação do adequado funcionamento dos sistemas.

2 - Na ausência da informação referida nas alíneas do número anterior relativamente aos sistemas instalados, pode ser considerado o valor base de eficiência resultante da aplicação da tabela seguinte, tendo em conta que:

- O valor de eficiência deve considerar a idade do equipamento de produção do sistema técnico, mediante multiplicação pelo respetivo fator de correção;
- Nas situações em que tenha sido realizada uma manutenção do equipamento no último ano, devidamente documentada por evidências, não se aplica o fator de correção;
- Caso não seja possível determinar o ano de fabrico do equipamento, deverá ser considerado o ano de construção do edifício ou da última intervenção realizada aos sistemas, devidamente evidenciada.

Tipo de sistema	**Eficiência**	**Idade do sistema**	**Fator**
Resistência elétrica para aquecimento ambiente.	1,00	-	-
Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,90	Entre 1 e 10 Anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		> 20 anos	0,80
Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Depois de 1995	0,95
		Até 1995	0,80
Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Entre 1 e 10 Anos	0,95
		> 10 anos	0,90

		> 20 anos	0,80
Sistemas de ar condicionado para arrefecimento do ambiente, aquecimento do ambiente ou bombas de calor para preparação de AQS.	2,50	Entre 1 e 10 Anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		> 20 anos	0,80

Tabela 8 - Valores base de eficiência para equipamentos convencionais de climatização e e de produção de AQS em edifícios existentes (Despacho E/2013)

3 - No caso de edifícios existentes nos quais não se encontrem instalados sistemas técnicos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente ou preparação de AQS, devem ser consideradas as soluções por defeito aplicáveis e indicadas na Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, para os diferentes tipos de sistema.

2.3.2. Valores de referência e máximos admissíveis

De seguida, é apresentado os limites de referência e máximos dos parâmetros térmicos cálculos para a certificação energética e o projeto de comportamento térmico.

Uref [W/(m2.ºC)]		**Zona climática**		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		**I1**	**I2**	**I3**
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, btr > 0.7.	Elementos opacos verticais	0.50	0.40	0.35
	Elementos opacos horizontais	0.40	0.35	0.30
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, btr ≤ 0.7.	Elementos opacos verticais	1.00	0.80	0.70
	Elementos opacos horizontais	0.80	0.70	0.60
Vãos envidraçados (portas e janelas) (Uw)		2.90	2.60	2.40
Elementos em contacto com o solo		0.50		

Tabela 9 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados (Despacho E/2013)

Tipo de ligação	Ψref [W/(m.ºC)]
Fachada com pavimentos térreos; Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido; Fachada com cobertura; Fachada com pavimento de nível intermédio(1); Fachada com varanda(1).	0.50
Duas paredes verticais em ângulo saliente.	0.40
Fachada com caixilharia; Zona da caixa de estore.	0.2

Tabela 10 - Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência (Despacho E/2013)

(1) Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

Umáx [W/(m2.ºC)]		Zona climática		
		I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, btr > 0.7.	Elementos opacos verticais	1.75	1.60	1.45
	Elementos opacos horizontais	1.25	1.00	0.90
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, btr ≤ 0.7.	Elementos opacos verticais	2.00	2.00	1.90
	Elementos opacos horizontais	1.65	1.30	1.20

Tabela 11 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos (Despacho E/2013)

$g_{Tmáx}$	Zona climática		
Classe de Inércia	**I1**	**I2**	**I3**
Fraca	0.15	0.10	0.10
Média	0.56	0.56	0.50
Forte	0.56	0.56	0.50

Tabela 12 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados (Despacho E/2013)

Valor mínimo de taxa de renovação de ar

Nos edifícios de habitação, o valor de taxa de renovação horária de ar calculado de acordo com as disposições previstas para o efeito em Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia, deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora.

3. Acústica de Edifícios e Ensaios

3.1. Ensaios Acústicos

3.1.1. Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos

Apresento as seguintes definições que considero essências para a leitura e compreensão deste trabalho:

Nível de pressão sonora de um compartimento - L

Dez vezes o logaritmo decimal da razão entre a média, no espaço e no tempo, do quadrado da pressão sonora medida e o quadrado da pressão sonora de referência, sendo a média no espaço tomada sobre todo o compartimento excetuando as zonas onde a radiação direta da fonte sonora ou das fronteiras do compartimento (parede, janela) têm influência significativa, sendo expresso em decibéis (dB).

Na prática, medem-se geralmente os níveis da pressão sonora Lj. Nesta caso, L é determinado por:

$$L = 10log\left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} 10^{L_j/10}\right)dB$$

Onde Lj representa o nível de pressão sonora, L1 a Ln, para as n posições de medição diferentes, no compartimento.

Isolamento sonoro bruto - D

Diferença, em decibéis, entre os níveis médios da pressão sonora, estabelecidos em dois compartimentos, por uma ou mais fontes sonoras, situadas dentro de um deles:

$$D = L_1 - L_2$$

Onde:

- L1 é o nível médio de pressão sonora no compartimento emissor;
- L2 é o nível médio de pressão sonora no compartimento recetor.

Isolamento sonoro padronizado - D_{nT}

Isolamento sonoro, em decibéis, corrigido com o tempo de reverberação do compartimento recetor:

$$D_{nT} = D + \frac{10 \times \log(T)}{T_0} dB$$

Onde:

- D, é o isolamento sonoro bruto;
- T, é o tempo de reverberação no compartimento recetor;
- T0, é o tempo de reverberação de referência, em edifícios destinados à habitação, usualmente T0=0,5s, exceto se for especificado em projeto outro valor.

Tempo de reverberação – T

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.

3.1.2. Isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Apresento as seguintes definições que considero essências para a leitura e compreensão deste trabalho:

Nível de pressão sonora numa superfície de ensaio - L1

Dez vezes o logaritmo decimal da razão entre a média, na superfície e no tempo, do quadrado da pressão sonora e o quadrado da pressão sonora de referência, sendo a média na superfície tomada

sobre a totalidade da superfície de ensaio, incluindo os efeitos devidos à reflexão do provete de ensaio e da fachada, sendo expresso em decibéis (dB).

Nível de pressão sonora numa sala - L2

Dez vezes o logaritmo decimal da razão entre a média, no espaço e no tempo, do quadrado da pressão sonora e o quadrado da pressão sonora de referência, sendo a média no espaço tomada sobre a totalidade da sala, com exceção das zonas em que a radiação direta de uma fonte sonora ou o campo sonoro próximo das fronteiras (parede, janela) têm influência negativa, sendo expresso em decibéis (dB).

Nível de pressão sonora equivalente - Leq

Valor do nível de pressão sonora de ruído contínuo e estacionário que, dentro do intervalo de tempo da medição, tem a mesma pressão sonora quadrática média que o ruído em causa, e cujo nível é variável com o tempo, sendo expresso em decibéis (dB).

Diferença de nível - D_{2m}

Diferença, em decibéis, entre o nível de pressão sonora exterior, medida a 2 m da fachada, L1,2m, e a média no espaço e no tempo do nível de pressão sonora, L2, no local recetor:

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$$

Nota: Se for utilizado um altifalante como fonte sonora, a notação é de $D_{ls,2m}$.

Diferença de nível padronizado - $D_{2m,nT}$

Diferença de nível, em decibéis, correspondente a um valor de referência do tempo de reverberação no local recetor:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10log\left(\frac{T}{T_0}\right)dB$$

Em que T0=0,5 s, a não ser que seja explicito outro valor em projeto;

Nota: Se for utilizado um altifalante como fonte sonora, a notação é de $D_{ls,2m}$.

3.1.3. Isolamento sonoro a sons de percussão

Apresento as seguintes definições que considero essências para a leitura e compreensão deste trabalho:

Nível de pressão sonora de percussão - Lj

Nível médio de pressão sonora no compartimento recetor, numa banda de frequências com largura de um terço de oitava, quando o pavimento em ensaio é excitado pela máquina de percussão normalizada; este valor é expresso em decibéis (dB).

Nível de pressão sonora, padronizado, de percussão - L'_{nT}

Nível médio da pressão sonora devido à ação de percussão, Li, corrigido com um termo, expresso em decibéis, igual a dez vezes o logaritmo decimal da razão entre o tempo de reverberação, T, medido no compartimento recetor, e o tempo de reverberação de referência T0, sendo este valor é expresso em decibéis (dB).

$$L'_{nT} = L_i - \frac{10 \times \log(T)}{T_0} dB$$

Onde:

- Li, é o nível de pressão sonora de percussão;
- T, é o tempo de reverberação no compartimento recetor;
- T0, é o tempo de reverberação de referência, em edifícios destinados à habitação, usualmente T0=0,5s, exceto se for especificado em projeto outro valor.

3.1.4. Procedimento do ensaio de medição do isolamento a sons aéreos entre compartimentos

O presente procedimento descreve a metodologia a seguir na medição do isolamento sonoro a sons aéreos. A determinação deste índice de isolamento é efetuada em duas partes. Primeiro é efetuada a medição do isolamento sonoro in situ de acordo com a norma NP EN ISO 140-4, sendo posteriormente efetuada a quantificação dos resultados obtidos num índice que caracteriza este isolamento, de acordo com a norma EN ISO 717-1.

Posição da fonte sonora

A posição da fonte sonora deve ser escolhida para que crie um campo sonoro o mais difuso possível, ou seja, em compartimentos de pequenas dimensões é aconselhável que se utilize um canto do compartimento emissor.

Os afastamentos mínimos que devemos cumprir e aumentar sempre que possível, são os seguintes:

- 0,7 m entre diferentes posições da fonte sonora;
- 1,4 m entre diferentes posições da fonte sonora, se somente forem efetuadas duas medições;
- 0,5 m entre a fonte sonora e os limites do compartimento.

É importante salientar que não devem ser usadas posições diferentes da fonte sonora que sejam situadas dentro de planos paralelos às fronteiras do compartimento.

Medições no local recetor

O nível médio de pressão sonora é obtido, no local recetor, utilizando um único microfone, que é deslocado de posição em posição. Para todas as posições da fonte sonora, deve ser feita a média energética dos níveis de pressão sonora associados às diferentes posições do microfone.

Posições do Microfone

Devem ser utilizadas no mínimo cinco posições do microfone, para cada posição da fonte sonora e cada local de medição a fim de se obter o nível médio de pressão sonora no campo sonoro estabelecido. Estas posições devem ser distribuídas, uniformemente, dentro do espaço máximo disponível em cada local.

Os afastamentos seguintes são valores mínimos e deverão ser aumentados sempre que possível:

- 0,7 m entre posições de microfone;
- 0,5 m entre qualquer posição de microfone e as fronteiras do local ou objetos do local;
- 1,0 m entre qualquer posição do microfone e a fonte sonora.

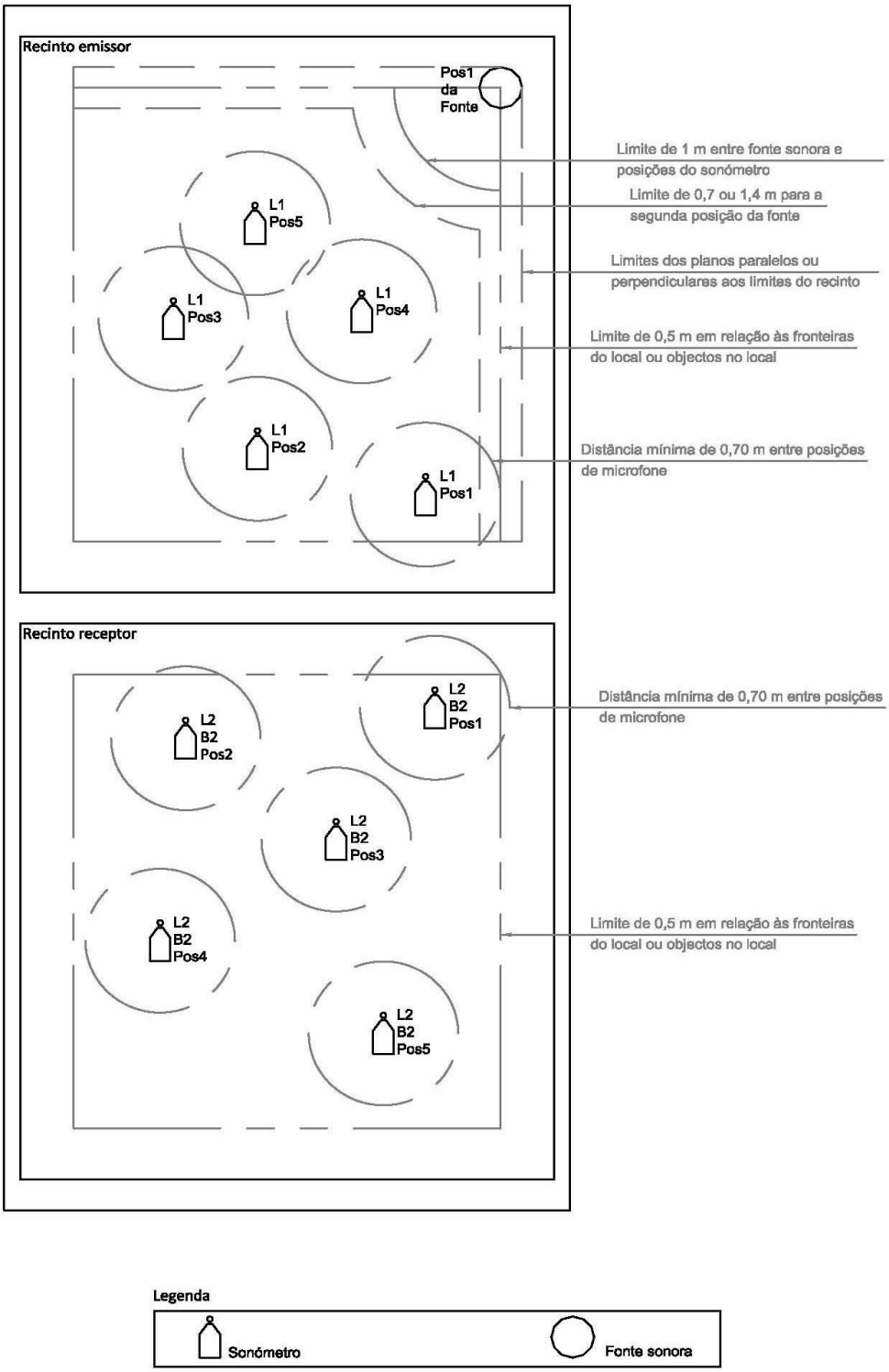


Figura 3 – Posição 1 da fonte sonora e disposição do recetor (Sons aéreos)

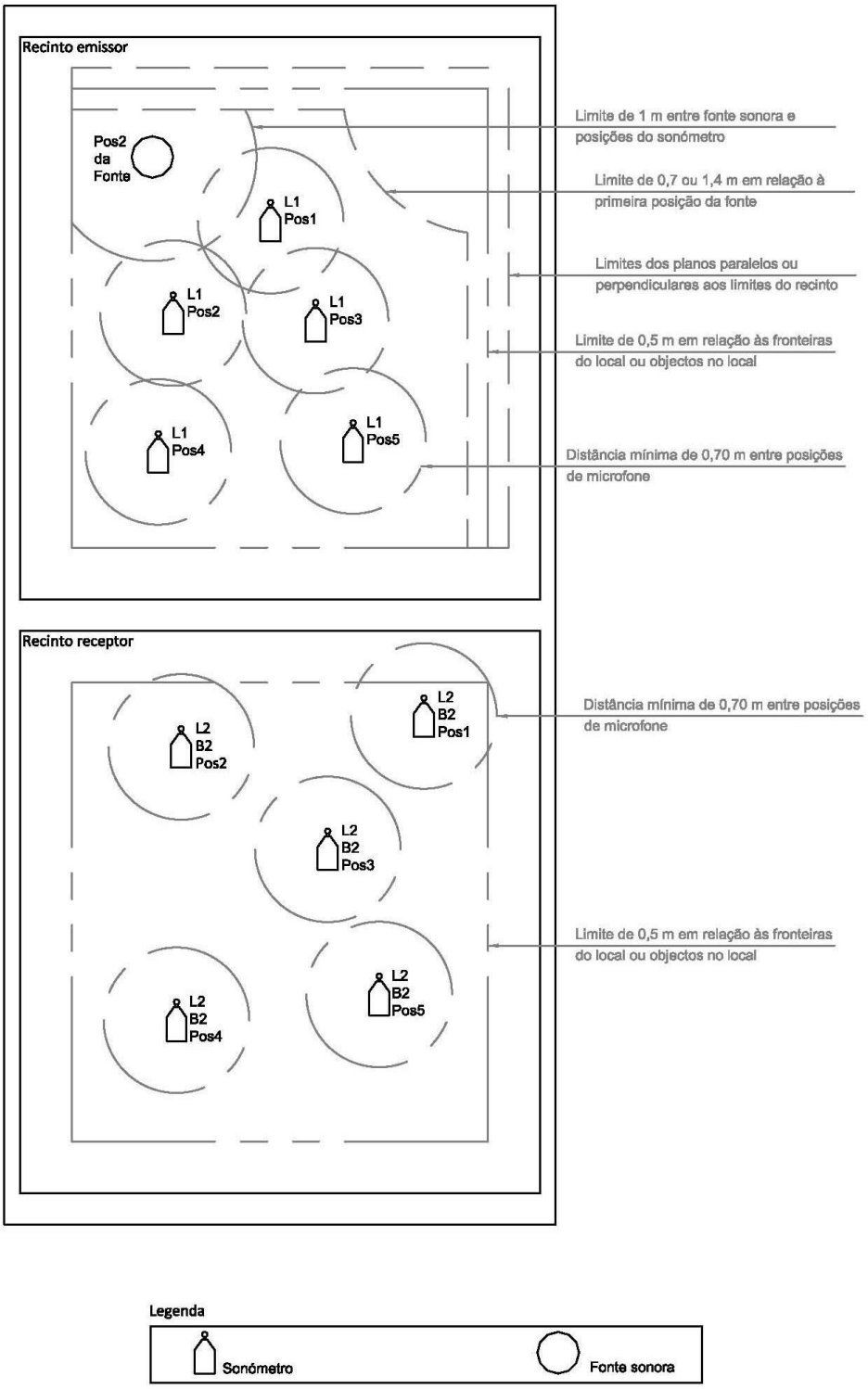


Figura 4 - Posição 2 da fonte sonora e disposição do recetor (Sons aéreos)

Correções relativamente ao ruído de fundo

Medem-se os níveis de ruído de fundo para assegurar que os resultados obtidos no local recetor não são afetados por ruído perturbador, tais como os ruídos exteriores ao local de ensaio, o ruído elétrico do equipamento de medição, ou as interferências elétricas de comunicação entre a fonte e os sistemas de medição.

O tempo de medição deve ser no mínimo de 10 s, desde que este seja representativo.

O nível de ruído de fundo deve estar, pelo menos 6 dB (e de preferência mais do que 10 dB) abaixo do nível do sinal de ensaio e do ruído de fundo combinados.

Se a diferença entre estes níveis for menor do que 10 dB mas superior a 6 dB, devem ser calculadas as correções do nível do sinal. Se a diferença entre os níveis for menor que 6 dB em qualquer das bandas de frequência, usa-se a correção de 1,3 dB, neste caso deve ser explícito no relatório que foram utilizadas estas correções.

Medição do tempo de reverberação

Segundo a norma ISO 3382-2, a medição do tempo de reverberação, a partir da curva de decaimento, inicia-se 0,1 s após a fonte sonora ter sido desligada, ou com base num nível de pressão sonora que se situe alguns decibéis abaixo do nível a partir do qual se inicia o decaimento. Deve utilizar-se um intervalo que não seja menor que 20 dB nem tão elevado que o decaimento observado não possa ser aproximado por uma linha reta. O limite interior deste intervalo deve ficar pelo menos 10 dB acima do nível de ruído de fundo. O número mínimo de medições de decaimento requerido, para cada banda de frequência de medição, é de seis. Devem ser utilizadas pelo menos, três posições de microfone e uma posição de altifalante, com duas leituras em cada caso.

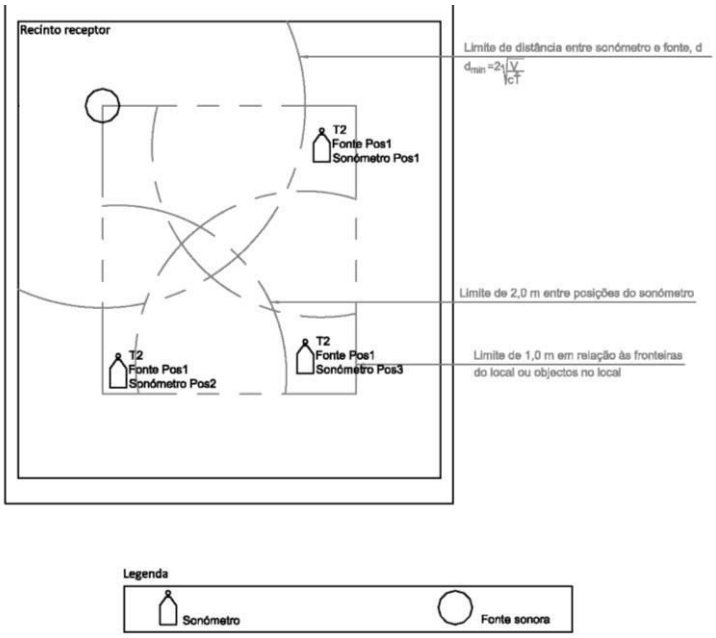


Figura 5 - Medição tempo de reverberação (Sons aéreos)

Determinação do índice

O índice de isolamento sonoro, determina-se por comparação com a descrição convencional de referência, constante na Norma EN ISSO 717-1. Para o efeito, sobrepõe-se esta descrição ao diagrama dos valores da diferença dos níveis de pressão sonora entre os recintos emissor e recetor, corrigidos, para que o valor médio do desvio em sentido desfavorável (conforme se ilustra na figura seguinte), calculado por divisão da soma dos desvios desfavoráveis pelo número total de bandas de frequências, consideradas no ensaio, deve ser o mais elevado possível, todavia sem ultrapassar o valor de 2 dB.

O valor da curva de referência relativo à frequência de 500 Hz corresponde ao valor único de isolamento.

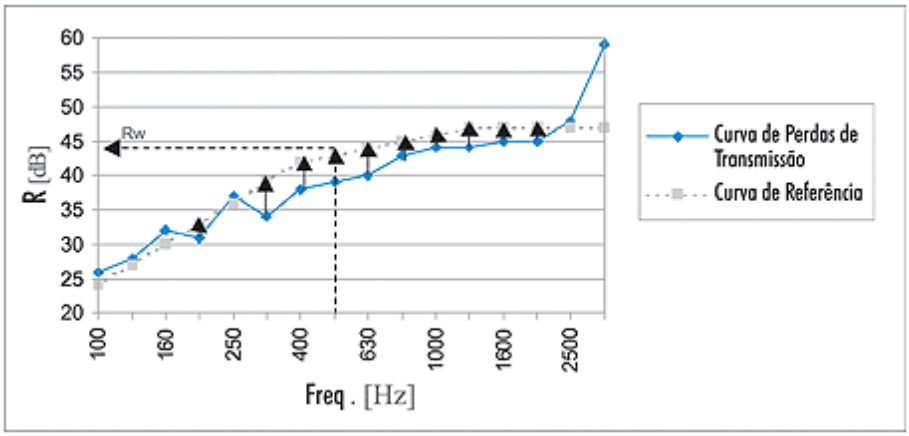


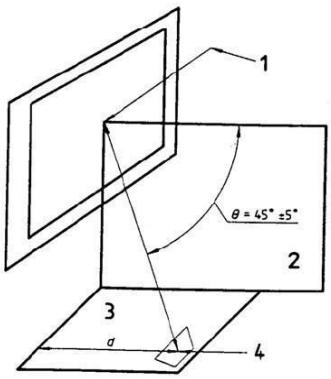
Figura 6 – Diagrama da curva de referência - $D_{nT,w}$

3.1.5. Procedimento de ensaio de medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

O presente procedimento descreve a metodologia a seguir na medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachada. A determinação deste índice de isolamento é feita em duas partes. Primeiro é efetuada a medição do isolamento sonoro *in situ* de acordo com a norma NP EN ISO 140-5 sendo posteriormente efetuada a quantificação dos resultados obtidos num índice que caracteriza este isolamento, de acordo com a norma EN ISO 717-1.

Princípio de medição

O altifalante é colocado numa ou mais posições, fora do edifício, a uma distância da fachada, com um ângulo de incidência das ondas sonoras igual a 45 ± 5 °. O ângulo de incidência tanto pode ser medido no plano vertical (2), como no plano horizontal (1).



Legenda:

1: Normal à fachada

2: Plano vertical

3: Plano horizontal

4: Altifalante

O nível médio de pressão sonora é medido a 2 m de distância da fachada (método global), como local recetor

Posição da fonte sonora

A posição do altifalante e a distância à fachada devem ser escolhidas por forma a minimizar a variação do nível de pressão sonora na fachada. Isto implica que a fonte sonora deva ser, preferencialmente, colocada no solo. Em alternativa, a fonte sonora pode ser colocada à maior altura possível acima do solo.

A distância da fonte sonora ao centro do provete de ensaio deve ser pelo menos 7 m (d > 5 m). O ângulo de incidência das ondas sonoras deve ser de (45 ± 5) º, medido no plano vertical ou no plano horizontal.

Medições defronte da fachada

Deve colocar-se o microfone no centro da face exterior da fachada. A distância respetiva deve ser:

a) (2,0 ± 0,2) m a partir do plano da fachada
b) 1,0 m a partir duma balaustrada ou de uma outra saliência idêntica.

A altura do microfone deve ser 1,5 m acima da cota do pavimento do local recetor.

Se o componente principal da fachada é um elemento inclinado, como um telhado, deve escolher-se uma posição de medição que fique mais afastada do telhado do que da parte projetada da componente vertical da fachada.

Medições no local recetor

O nível médio de pressão sonora é obtido, no local recetor, utilizando um único microfone, que é deslocado de posição em posição. Para todas as posições da fonte sonora, deve ser feita a média energética dos níveis de pressão sonora associados às diferentes posições do microfone. Complementarmente, deve determinar-se também, o nível de ruído de fundo Lb. Caso o a fachada a medir pertença a um edifício muito alto, será necessário efetuar as medições numa fachada que tenha os mesmos requisitos, e que cumpra o plano de amostragem definido pelo LNEC. Caso não seja possível terá de ser utilizado um meio elevatório para elevar a fonte sonora e o sonómetro deverá ser colocado numa extensão, que permita ficar a 2 m da fachada.

Posições do Microfone

Devem ser utilizadas, no mínimo, cinco posições do microfone em cada local de medição a fim de se obter o nível médio de pressão sonora no campo sonoro estabelecido. Estas posições devem ser distribuídas, uniformemente, dentro do espaço máximo disponível em cada local.

Os afastamentos seguintes são valores mínimos e deverão ser aumentados sempre que possível:

- 0,7 m entre posições de microfone;
- 0,5 m entre qualquer posição de microfone e as fronteiras do local ou objetos do local;
- 1,0 m entre qualquer posição do microfone e a fonte sonora.

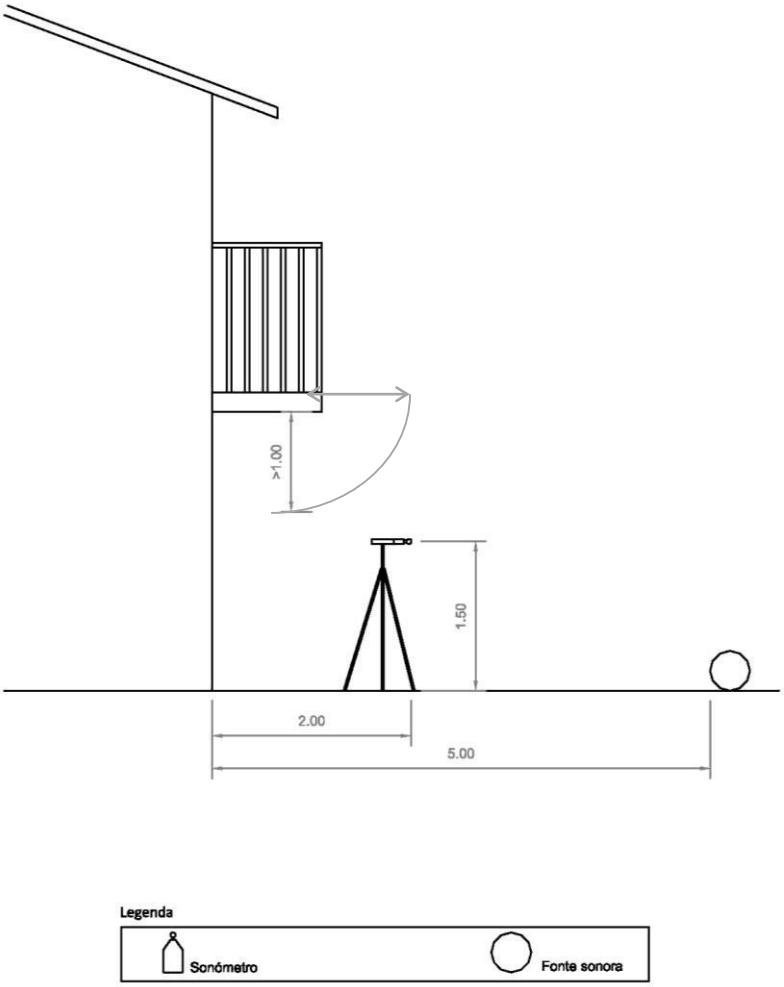


Figura 7 - Esquema representativo das distâncias mínimas.

Determinação do índice

Igual ao método de determinação descrito no capítulo anterior.

3.1.6. Procedimento do ensaio de medição do isolamento sonoro a sons de percussão

O presente procedimento descreve a metodologia a seguir na medição in situ, do isolamento sonoro de sons de percussão, utilizando uma máquina de percussão normalizada. O presente procedimento aplica-se a pavimentos não revestidos e com revestimentos de piso aplicados.

A determinação deste índice de isolamento é efetuada em duas partes. Primeiro é efetuada a medição do isolamento sonoro *in situ* de acordo com a norma NP EN ISO 140-7 sendo posteriormente

efetuada a quantificação dos resultados obtidos num índice que caracteriza este isolamento, de acordo com a norma EN ISO 717-2.

Posições da máquina de percussão

A máquina de percussão deve ser colocada, em 4 posições diferentes, distribuídas aleatoriamente sobre o pavimento, é de salientar que se os pavimentos não forem homogéneos devem ser utilizados mais pontos.

A máquina de percussão deve ficar situada a 0,5 m de distância em relação aos limites do compartimento e o alinhamento dos martelos deve estar orientado 45º na direção de nervuras ou vigas.

Preferencialmente devem ser utilizadas posições da máquina de percussão, em que esta está sobre o compartimento a ensaiar, isto em medições verticais, e da área maior para a área menor em medições horizontais.

A máquina de percussão deve ser colocada num pavimento o mais horizontal possível, sendo que antes do ensaio deve ser verificado se a distância entre os martelos e o pavimento é a mais correta. Para isso devem ser colocados os padrões fornecidos pela marca do equipamento, Bruel & Kjær e ajustar a altura das pernas de suporte para que fique à altura correta.

Medições no local recetor

Quando é utilizado um só microfone, o número de medições deve ser no mínimo seis, para uma combinação de, pelo menos, quatro posições de microfone para quatro posições da máquina de percussão.

Posições do sonómetro

A medição do nível de pressão sonora deve ser efetuada através de um só microfone deslocado de posição em posição, as médias dos níveis de pressão sonora obtidas para as diferentes posições dos microfones, devem ser calculadas sobre uma base energética, para todas as posições da máquina.

Os afastamentos mínimos que devemos cumprir e aumentar sempre que possível, são os seguintes:

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

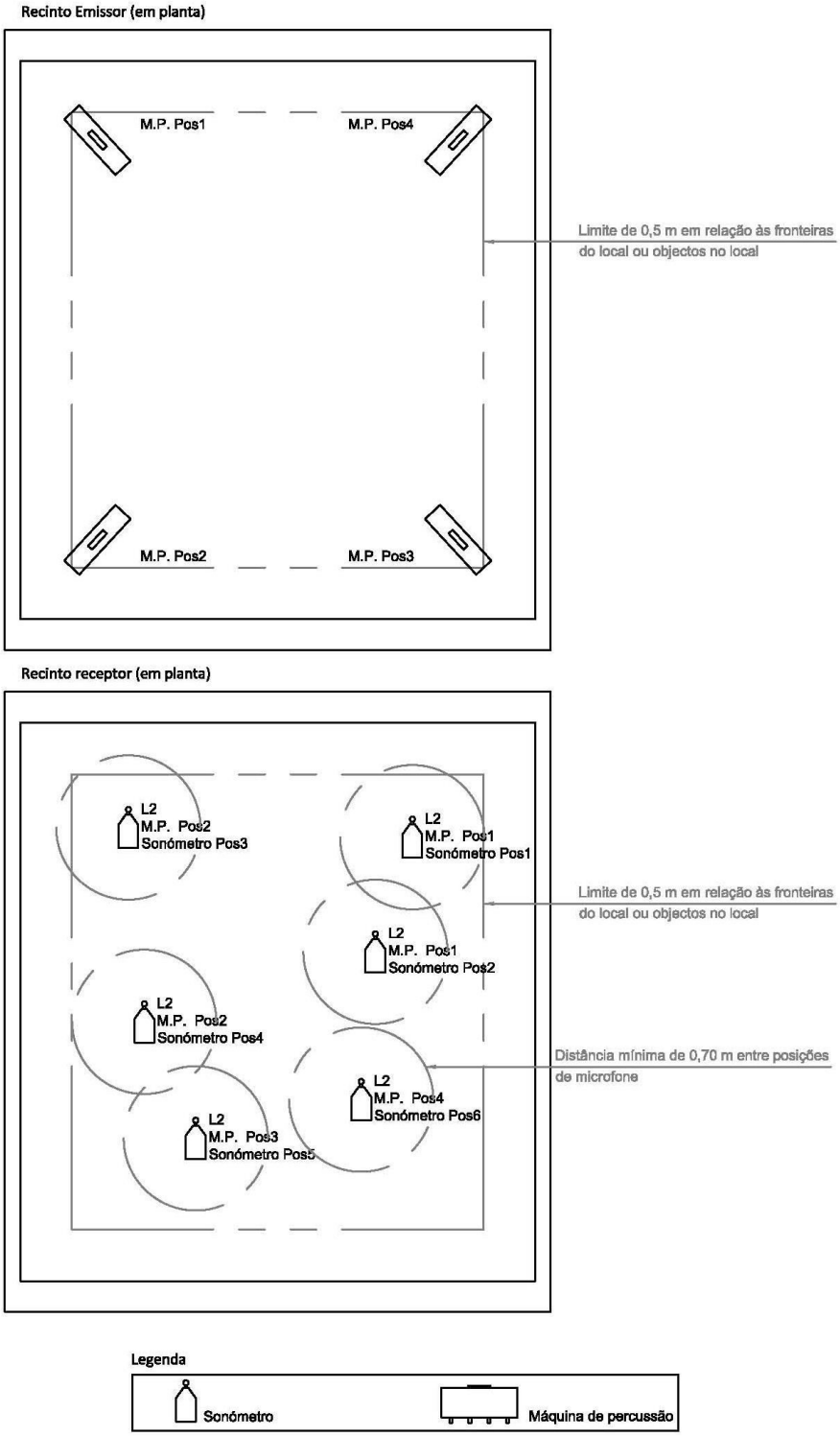


Figura 8 - Posições da fonte sonora e recetora (Sons de percussão)

Influência do ruído aéreo gerado pela percussão de pavimentos na determinação do L'nT,w

É necessário certificar que o ruído aéreo emitido pela máquina de percussão e transmitido para o compartimento recetor não influência o nível de pressão sonora estabelecido nesse compartimento devido à ação de percussão.

O ruído aéreo emitido pela máquina de percussão deve ser considerado como ruído de fundo, a quantificação deste ruído de fundo deve ser feita da seguinte forma:

- Determinar o isolamento sonoro a sons aéreos, D(f);
- Efetuar a medição do campo sonoro, estabelecido pelo funcionamento da máquina de percussão, no compartimento onde se exerce a excitação respetiva (emissor), obtendo-se a descrição do nível de pressão sonora Lp(f);
- A medição deve ser efetuada de uma forma análoga, respeitando quando possível as seguintes distâncias:
  - 0,7 m entre posições de microfone;
  - 0,5 m entre qualquer posição de microfone e as fronteiras do local ou objetos do local;
  - 1,0 m entre qualquer posição do microfone e a máquina de percussão.

Só é verificada a influência do ruído aéreo gerado pela máquina de percussão após os cálculos efetuados em laboratório. No entanto, a máquina efetua ruído na ordem dos 90dB, sendo que nesses locais também são efetuados ensaios aéreos, caso os ensaios de medição a isolamento sonoro aéreo (utilizando a fonte sonora, acima de 90dB, medidos no compartimento emissor) cumpram os limites legais, é espectável que a influência do Ruído Aéreo gerado pela máquina de percussão não seja influente.

No relatório a entregar ao cliente deve vir o valor não influenciado pelo ruído aéreo gerado pela máquina de percussão, exceto se este efetivamente influenciar, sendo este facto referido no relatório.

Determinação do índice

O índice de isolamento a sons de percussão determina-se por comparação do aspeto referido com a descrição convencional de referência, constante na Norma EN ISO 717-2. Para o efeito, sobrepõe-se esta descrição à curva em causa, para que o valor médio do desvio desfavorável (conforme se ilustra na figura seguinte), calculado por divisão da soma dos desvios nesse mesmo sentido (desfavorável) pelo número total de bandas de frequências, consideradas no ensaio, deve ser o mais elevado possível, todavia sem ultrapassar o valor de 2 dB.

O índice de isolamento sonoro corresponde ao valor da ordenada da descrição convencional de referência para a frequência de 500 Hz, sendo expresso em dB.

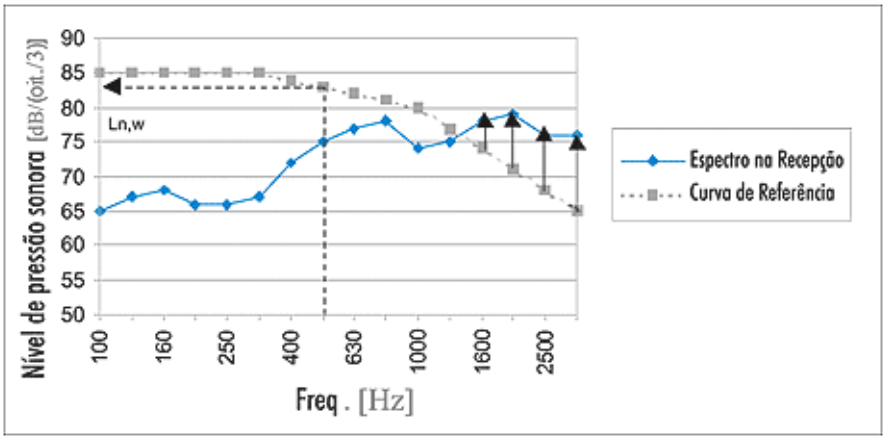


Figura 9 – Curva de referência - L'nT,w

3.2. Equipamentos utilizados

Todos os equipamentos utilizados nos ensaios acústicos aéreos e de percussão encontram-se devidamente calibrados, estes pertencem ao laboratório acústico da empresa e são da marca Brüel & Kjær:

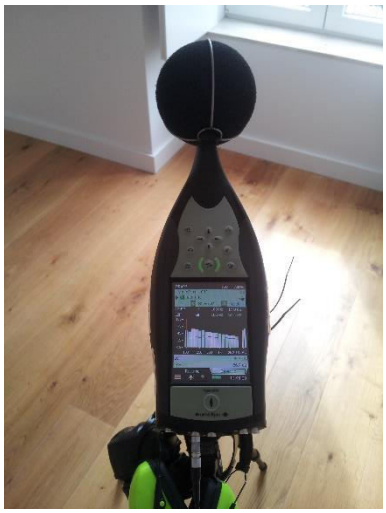


Figura 10 - Sonómetro Integrador 2250

Figura 11 - Fonte sonora omnidirecional Omnipower 4292

Figura 12 - Amplificador de Potência 2716

Figura 13 - Máquina de percussão 3207

3.3. Enquadramento regulamentar

O Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE – inicialmente aprovado pelo Dec. Lei n.º 129/2002 de 11/05 e alterado pelo Dec. Lei n.º 96/2008 de 09/06), visa regular a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação, e, consequentemente, contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente acústico e para o bem-estar e saúde das populações. Este Regulamento tem como princípios orientadores a harmonização, à luz da normalização europeia, das grandezas características do desempenho acústico dos edifícios e respetivos índices e a quantificação dos requisitos, atendendo, simultaneamente, quer à satisfação das exigências funcionais de qualidade dos edifícios quer à contenção de custos inerentes à execução das soluções necessárias à sua verificação.

O RRAE aplica-se aos seguintes tipos de edifícios, em função dos usos a que os mesmos se destinam:

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

Nas tabelas seguintes são apresentados de forma resumida os requisitos acústicos exigidos nos diferentes tipos de edifícios em que realizei ensaios acústicos, objeto de aplicação, de acordo com o RRAE.

Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras (artigo 5º)				
Ensaio	**Local Emissor**	**Local Recetor**	**Limite regulamentar**	
Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT,w}$	Exterior	Quartos ou zona de estar do fogo	Mista	≥33dB
			Sensível	≥28dB
Notas: Quando a área translúcida superior a 60% do elemento da 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; Os valores obtidos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachadas, deve ser acrescido do facto I, no valor de 3 dB.				
Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{nT,w}$	Compartimentos de um fogo	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥50dB	
	Circulação comum	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥48dB	
	Caminho de circulação vertical, servido por ascensores	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥40dB	
	Parqueamento automóvel	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥50dB	
	Compartimento de Serviços	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥58dB	
Nota: Os valores obtidos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, deve ser acrescido do facto I, no valor de 3 dB.				
Nível sonoro de percussão padronizado, $L'_{nT,w}$	Pavimento de outros fogos	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≤60dB	
	Circulações comuns	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≤60dB	
	Compartimento de Serviços	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≤50dB	
Nota: Os valores obtidos para o isolamento sonoro a sons de percussão, deve ser diminuído do facto I, no valor de 3 dB.				

Tabela 13 - Limites regulamentares para Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras (RRAE)

Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais (artigo 6º)			
Ensaio	**Local Emissor**	**Local Recetor**	**Limite regulamentar**
Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT,w}$	Exterior	Escritórios	≥30dB
		Restantes recintos	≥25dB
Notas: Quando a área translúcida superior a 60% do elemento da 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; Os valores obtidos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachadas, deve ser acrescido do facto I, no valor de 3 dB.			
Tempo de reverberação, T	Refeitórios ou recintos públicos de restauração	Refeitórios ou recintos públicos de restauração	$0,15V^{1/3}$ (s)
	Escritórios com volume superior a 100m³	Escritórios com volume superior a 100m³	$0,15V^{1/3}$ (s)
Nota: Os valores obtidos para o tempo de reverberação, deve ser diminuído do facto I, no valor de 25% do limite regulamentar.			

Tabela 14 - Limites regulamentares para Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais (RRAE)

4. *Software* utilizado

4.1. Folhas de cálculo

Para apoiar os peritos na aplicação das novas metodologias de cálculo, o ITeCons disponibilizou uma folha de cálculo e um relatório de peritagem, auxiliando assim na aplicação do novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). Estas ferramentas aplicam-se tanto a edifícios novos como a existentes.

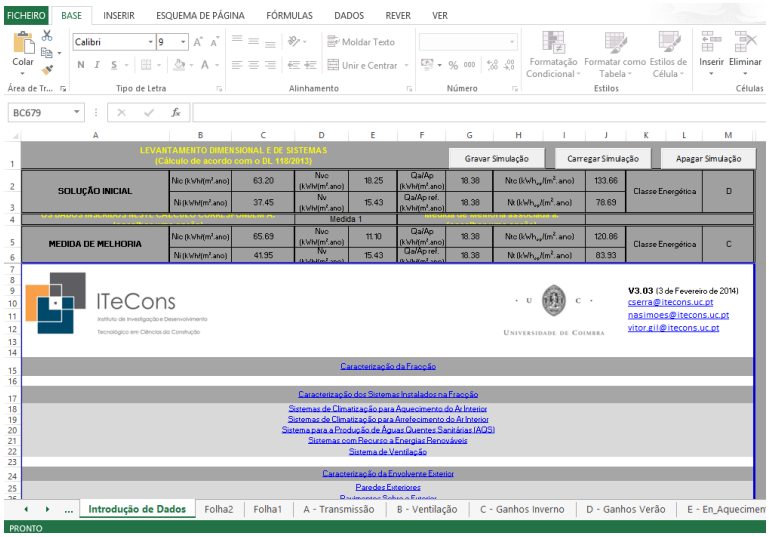


Figura 14 - Folha de cálculo da ITeCons

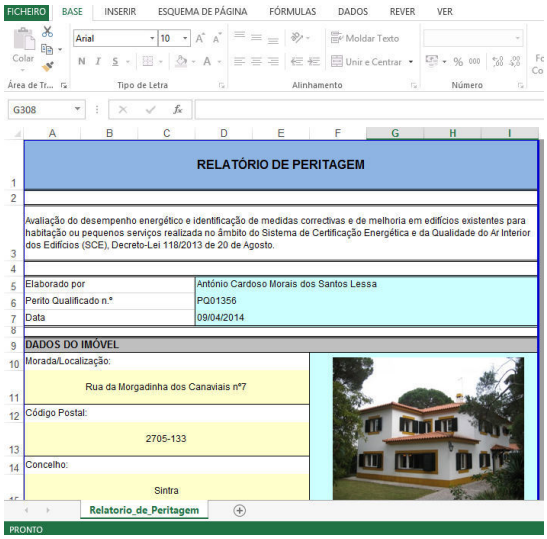


Figura 15 - Relatório de Peritagem da ITeCons

Para avaliar o desempenho dos sistemas de ventilação no contexto da regulamentação do desempenho térmico e energético dos edifícios e da verificação do requisito mínimo de ventilação, foi desenvolvida uma folha de cálculo em Excel, que implementa o método de cálculo definido na Portaria n.º349-B/2013, no Despacho n.º15793-E/20313, no Despacho n.º15793-I/20313 e no Despacho n.º15793-K/20313 pelo Doutor Armando Pinto do LNEC.

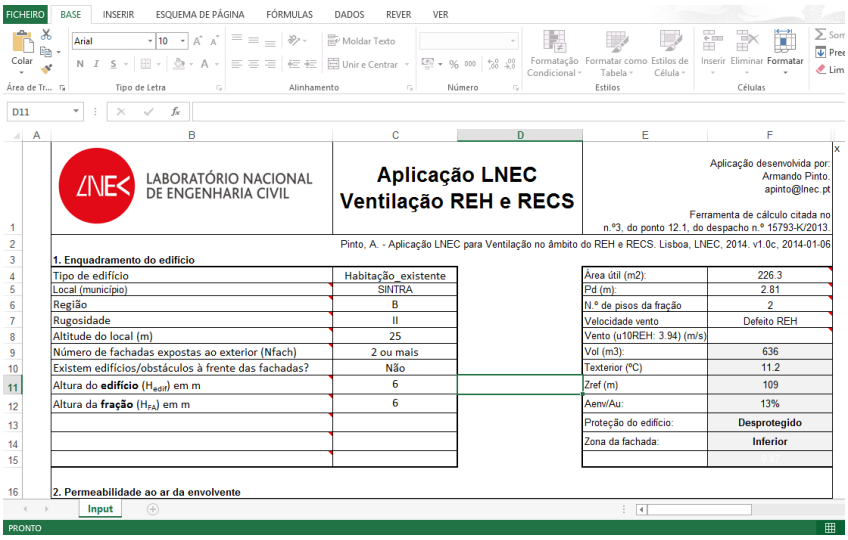


Figura 16 - Folha de cálculo da Ventilação do LNEC

4.2. Solterm

Para dimensionar painéis solares térmicos ou calcular a contribuição de energia solar que contribui para preparação das águas quentes sanitárias de existentes, a empresa usa o *software* SolTerm.

O SolTerm é um programa de análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, adaptado às condições climáticas e técnicas de Portugal (Aguiar e Carvalho, 2007).

Além de dimensionar sistemas solares térmicos e fornecer o valor do E_{solar}, o SolTerm também permite a quantificação da energia através da utilização de sistemas fotovoltaicos (E_{ren}).

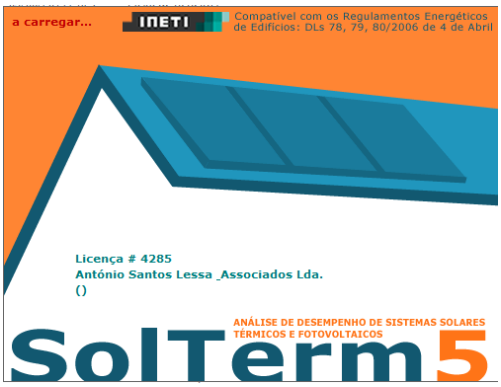


Figura 17 - Soltherm

5. Casos de estudo

No presente capítulo, encontram-se descritos o Projeto de Comportamento Térmico de edifício de habitação, a Certificação Energética de uma moradia e o Ensaio Acústico de edifícios de habitação e comércio, trabalhos realizados durante o estágio curricular na empresa Asl & Associados.

5.1. Projeto de Comportamento Térmico

5.1.1. Introdução

O presente estudo destina-se à realização, com o auxílio e supervisão da Engª Marta Almeida, de um Projeto de Comportamento Térmico de uma reabilitação de uma moradia, situada na Avenida Marechal Gomes da Costa, Porto, no âmbito do Decreto-Lei n.º 118/2013.

Figura 18 - Localização do edifício (fonte: maps.google.pt)

O edifício a reabilitar corresponde a uma moradia unifamiliar, sendo que este apresenta uma tipologia T_6, com dois pisos e implantado o num terreno com 996,25m².

O rés-do-chão do edifício é composto por cozinha, copa, duas salas de estar, sala de jantar, um quarto, hall, duas instalações sanitárias, já o 1º andar possui duas instalações sanitárias, cinco

quartos, hall e desvão da cobertura. O acesso ao 1º andar é realizado através de caixa de escadas e de elevadores.

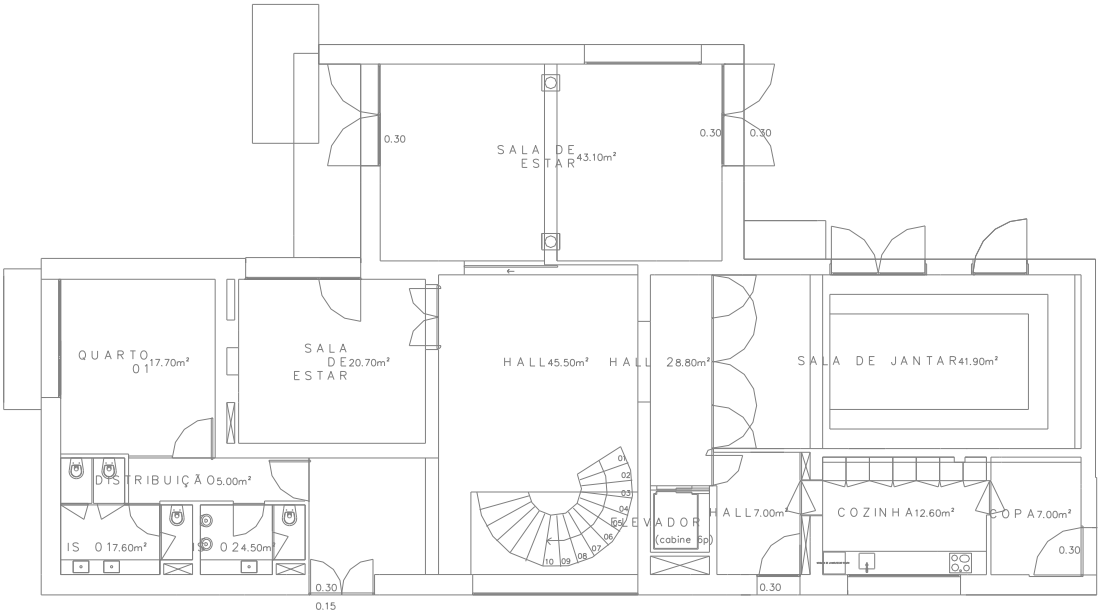


Figura 19 – Planta do rés-do-chão (compartimentos)

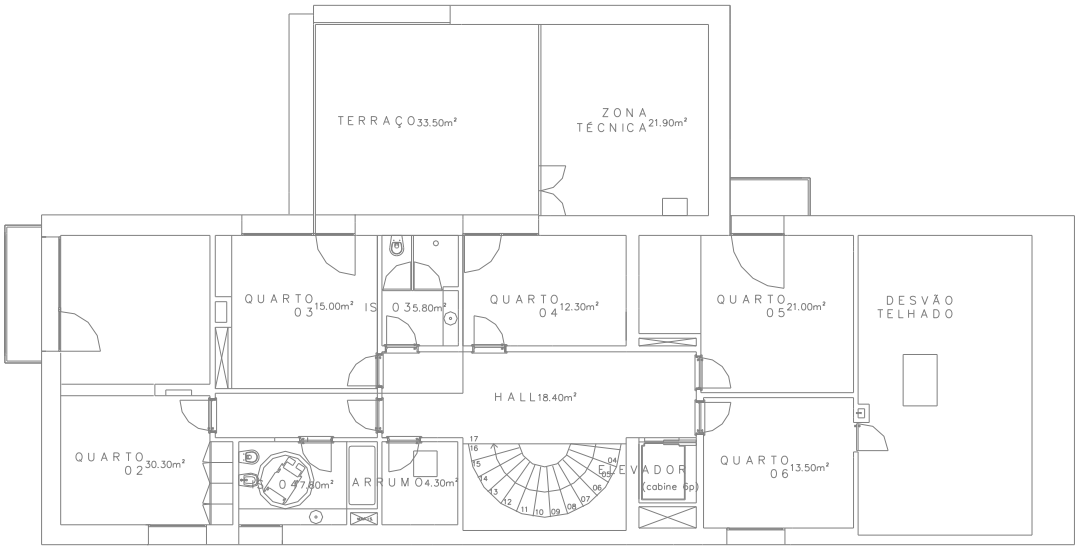


Figura 20 – Planta do 1º andar (compartimentos)

O estudo inclui uma descrição das características térmicas dos elementos da envolvente, a quantificação dos diferentes parâmetros térmicos e ainda a quantificação das necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento, atendendo aos requisitos mínimos de qualidade impostos pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação – REH. Pretende-se assim

assegurar a satisfação das exigências de conforto térmico no interior do edifício sem um dispêndio excessivo de energia. Simultaneamente, pretende-se garantir a minimização da ocorrência de condensações que possam diminuir a durabilidade e o desempenho térmico dos elementos da envolvente (paredes, coberturas e pavimentos).

Figura 21 - Edifício existente

5.1.2. Âmbito de Aplicação

A estrutura da habitação será mantida, mas para garantir o conforto térmico dos seus ocupantes, foi proposto um melhoramento do ponto vista térmico das suas soluções construtivas, com a aplicação de isolamento e acabamento, de modo a cumprir a nova legislação (REH).
Como os sistemas técnicos encontram-se desatualizados do ponto de vista funcional, está previsto a inclusão de novos sistemas para a preparação das águas quentes sanitárias recorrendo a energias renováveis, aquecimento e arrefecimento do ambiente.

De acordo com o REH, esta obra enquadra-se como uma grande intervenção, pois todas as soluções construtivas e sistemas técnicos serão alterados e o valor da obra será superior a 25% do valor do edifício.
De acordo com a Portaria nº353/2013 de 4 de Dezembro, a moradia unifamiliar encontra-se implementado na Zona I do país por pertencer ao Concelho de Porto, estando previsto nestas condições um preço da habitação de 801.06 €/m².

$$Valor\ do\ Edifício = Ap \times 801.06 = 996.25 \times 801.06 = 798056.03€$$

O valor da obra previsto será de 3514653.79€, sendo este valor superior aos 25% do valor do edifício, 199514.01€, respeitando assim o enquadramento referido anteriormente.

5.1.3. Zona climática

O edifício em estudo está implantado a uma altitude de 56m com uma distância à costa inferior a 5 km, localizado no concelho de Porto e com a fachada principal está orientada a Sudeste.

De acordo com o Despacho F/2013:

- Zona climática = Grande Porto, Tabela 01 – NUTS III;
- Zref = 94m, Tabela 04 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento;
- GD = 1250 °C, Tabela 04 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento;
- a = 1.6 °C/m, Tabela 04 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento;
- $\theta_{ext,v\ ref}$ = 20.9 °C, Tabela 05 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento;
- a = 0 °C/m, Tabela 05 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento.

$$GD = GD_{ref} + a \times (Z - Z_{ref}) = 1250 + 1.6 \times (56 - 94) = 1300\ ^{o}C$$

De acordo com a Tabela 02 - Critérios para a determinação da zona climática de inverno do mesmo despacho, se GD ≤ 1300, então está inserido na zona climática de Inverno I1.

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v\ ref} + a \times (Z - Z_{ref}) = 20.9 + 0 \times (56 - 94) = 20.9\ ^{o}C$$

De acordo com a Tabela 03 - Critérios para a determinação da zona climática de verão do mesmo despacho, se 20ºC < $\theta_{ext,v}$ ≤ 22ºC, então está inserido na zona climática de verão V2.

5.1.4. Caraterísticas do edifício existente

Inicialmente foram fornecidas todas as soluções construtivas existentes, envidraçados e sistemas técnicos pela Arquiteta Sofia Granjo, informação necessária para determinação dos parâmetros coeficientes que permitem quantificar o seu desempenho térmico e se necessário propor novas soluções alternativas.

Estas são:

- Paredes exteriores existentes em alvenaria de granito com 30cm de espessura, com caixa-de-ar 6cm, pano de alvenaria de tijolo de 7cm pelo interior e revestido pelo interior com reboco de 5cm;
- Parede interiores divisórias simples com pano de alvenaria de 11cm e reboco de 2cm pelos dois lados;
- Paredes interiores resistentes em alvenaria de granito com 22cm de espessura;
- Pavimento interior do 1º andar existente com revestimento inferior em estuque, de seguida laje aligeirada de 20cm de espessura, com argamassa de enchimento de 7cm de espessura e acabamento em taco;
- Cobertura interior do 1º andar existente com revestimento inferior em estuque, de seguida laje aligeirada de 20cm de espessura, com argamassa de enchimento de 7cm de espessura e acabamento em reboco;
- Cobertura exterior do rés-do-chão existente com revestimento inferior em estuque, de seguida laje aligeirada de 20cm de espessura, com argamassa de enchimento de 7cm de espessura e acabamento em cerâmico;
- Pavimento térreo existente em betonilha com cerca de 15cm de espessura e acabamento em cerâmico.
- Os vãos envidraçados existentes são de caixilharia de alumínio sem corte térmico, vidro simples e com proteção exterior em persiana de réguas plásticas.
- Termoacumulador elétrico como sistema de preparação das águas quentes sanitárias;
- Aquecimento do ambiente presente nas divisões principais por radiadores elétricos.

Figura 22 - Revestimento cerâmico no rés-do-chão

Figura 23 - Revestimento em madeira no 1º andar

Figura 24 – Revestimento em cerâmico terraço

Figura 25 - Envidraçado existente

Figura 26 - Radiadores elétricos existentes

Figura 27 – Termoacumulador elétrico existente

5.1.5. Características do projeto de licenciamento

A arquiteta Sofia Granjo responsável pelo projeto, previu as seguintes alterações:

- Introdução de 5cm do sistema de isolamento térmico pelo exterior da parede exterior e da parede interior em contato com a zona técnica;
- Demolição de parte das paredes exteriores e introdução de novas paredes duplas de alvenaria de tijolo de 20 cm pelo exterior e 15cm pelo interior;
- Remodelação da compartimentação do edifício, demolindo parte das paredes interiores e introdução de novas com alvenaria simples de 15cm.
- Introdução de um novo acabamento em microcimento sobre o cerâmico existente no pavimento do terraço e da zona técnica;

- Introdução de um novo acabamento em pedra Travertino nos pavimentos interiores do edifício.

Analisando estas informações e a planta de licenciamento do projeto de arquitetura, podemos verificar estarem previstos a introdução de novos espaço não úteis do ponto vista térmico, além da envolvente exterior já existente. Por isso foi necessário propor à arquiteta responsável pelo mesmo, a introdução de isolamento térmico e acústico, de maneira a garantir o conforto térmico dos seus ocupantes e cumprir os coeficientes de transmissão térmica máximos para esta situação.

As propostas são as seguintes:

- Introdução isolamento com 4cm de lã de rocha e placa de gesso cartonado com 1.3cm nas paredes em contato com a caixa de elevadores do lado do espaço útil;
- Introdução de 5cm isolamento térmico na parede dos quartos em contato com o desvão do telhado pelo lado do espaço não útil;
- Introdução de caixa-de-ar com cerca de 30cm, mais 6cm de lã de rocha e placa de gesso cartonado com 1.3cm de espessura nos tetos;
- Os envidraçados existentes serão removidos e substituídos por envidraçados novos duplos NEUTRALUX, com caixilharia de alumínio com corte térmico, com e sem proteção interior;
- Os sistemas de climatização através de um sistema de ar condicionado centralizado, renovação do ar mecânica nas instalações sanitárias e cozinha, preparação das AQS através de painéis solares térmicos e apoiados por um termoacumulador elétrico.

Nas seguintes figuras, é possível verificar o aspeto final da moradia unifamiliar representado nos alçados das suas fachadas.

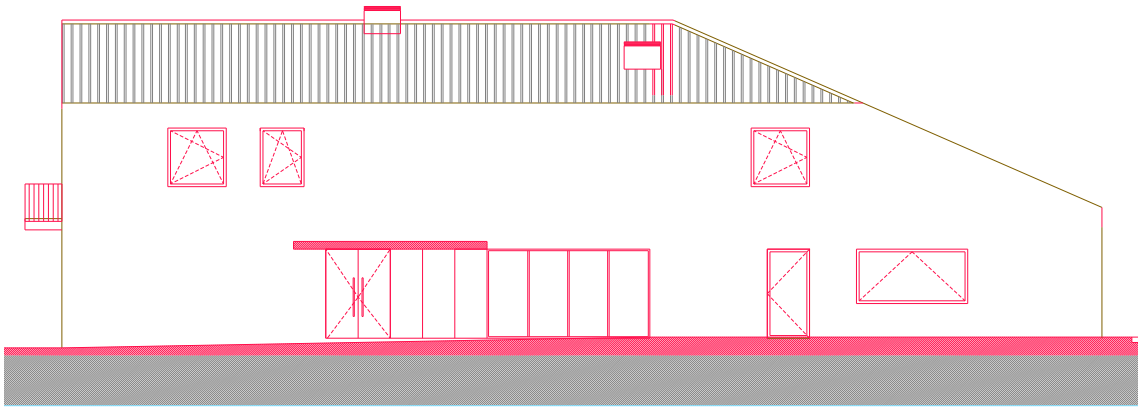


Figura 28 – Fachada orientada a Nordeste

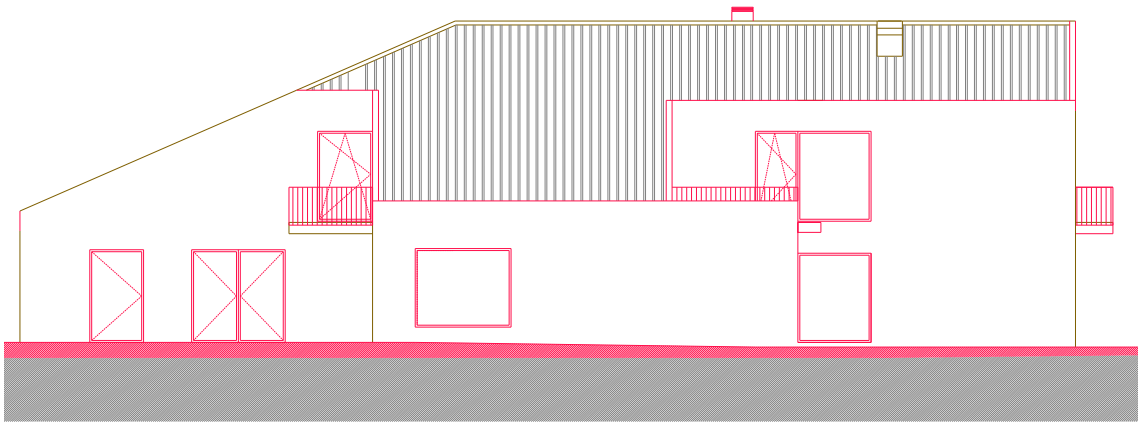


Figura 29 - Fachada orientada a Sudoeste

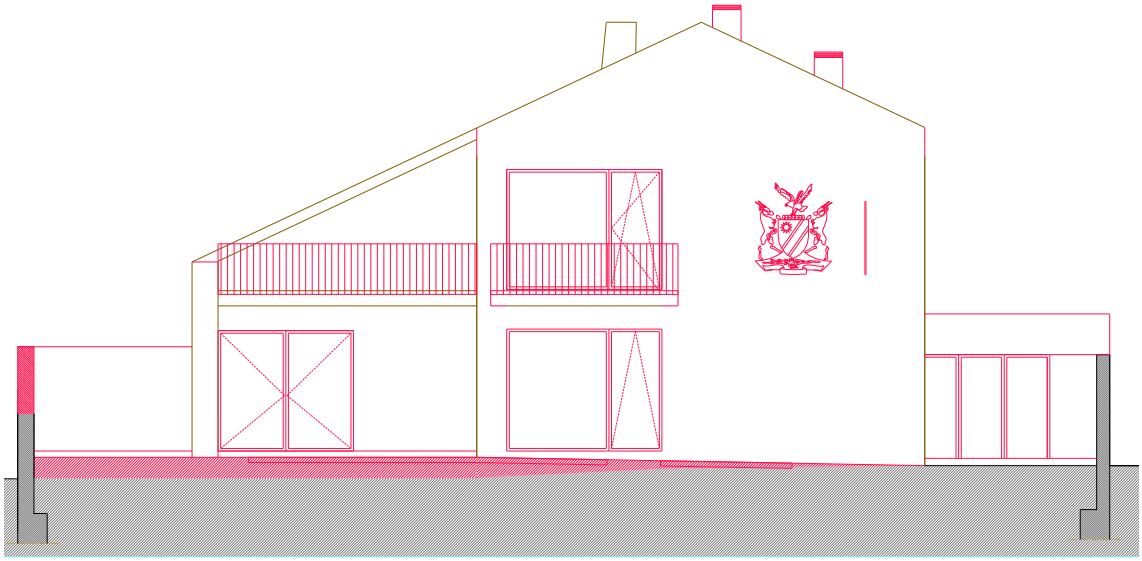


Figura 30 - Fachada orientada a Sudeste

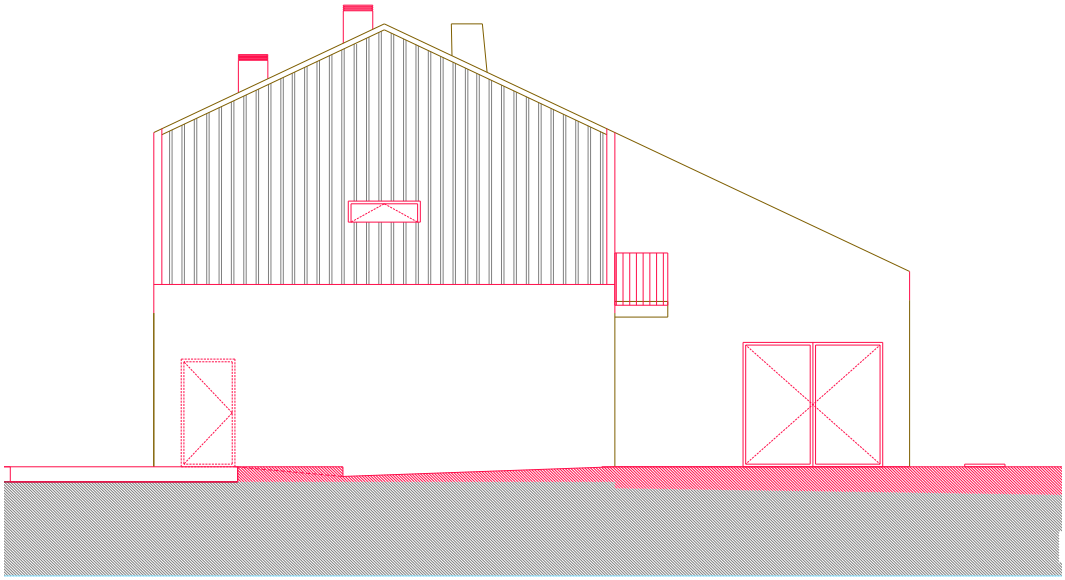


Figura 31 - Fachada orientada a Noroeste

5.1.6. Definição de "Zonas independentes"

Tomando em consideração os diferentes parâmetros que afetam o comportamento térmico do edifício, analisou-se o mesmo, considerando espaços aquecidos os compartimentos seguintes:

- Quartos;
- Zonas de circulação;
- Instalações sanitárias;
- Cozinha e copa;
- Sala de estar e jantar.

Para identificação dos tipos de envolvente do edifício, procedeu-se ao cálculo do btr dos quatro espaços não úteis em contato com os espaços restantes úteis da habitação:

- Caixa de elevador;
- Zona técnica;
- Desvão do telhado (1 e 2).

ENU	Ai	Au	Ai/Au	A_i/A_u	Volume do ENU (m^3)	Volume do ENU (m^3)	Ventilação	btr
Caixa de elevador	29.62	7.20	4.11	Ai/Au ≥ 4	22.34	V ≤ 50	Fraca	0.30
Zona técnica	31.72	41.66	0.76	0.5≤ Ai/Au <1	34.48	V ≤ 50	Forte	0.90
Desvão telhado 1	51.51	56.99	0.90	0.5≤ Ai/Au <1	43.93	V ≤ 50	Fraca	0.70
Desvão telhado 2	129.86	168.70	0.77	0.5≤ Ai/Au <1	128.83	50 < V ≤ 200	Fraca	0.80

Tabela 15 - Determinação do btr dos espaços não úteis

Conclui-se assim que as paredes e pavimentos de separação para a zona técnica e desvão de telhado 2, serão do tipo, envolvente interior com requisito exterior.

Conclui-se assim que as paredes e pavimento de separação para a caixa de elevador e desvão de telhado 1, serão do tipo, envolvente interior com requisito interior.

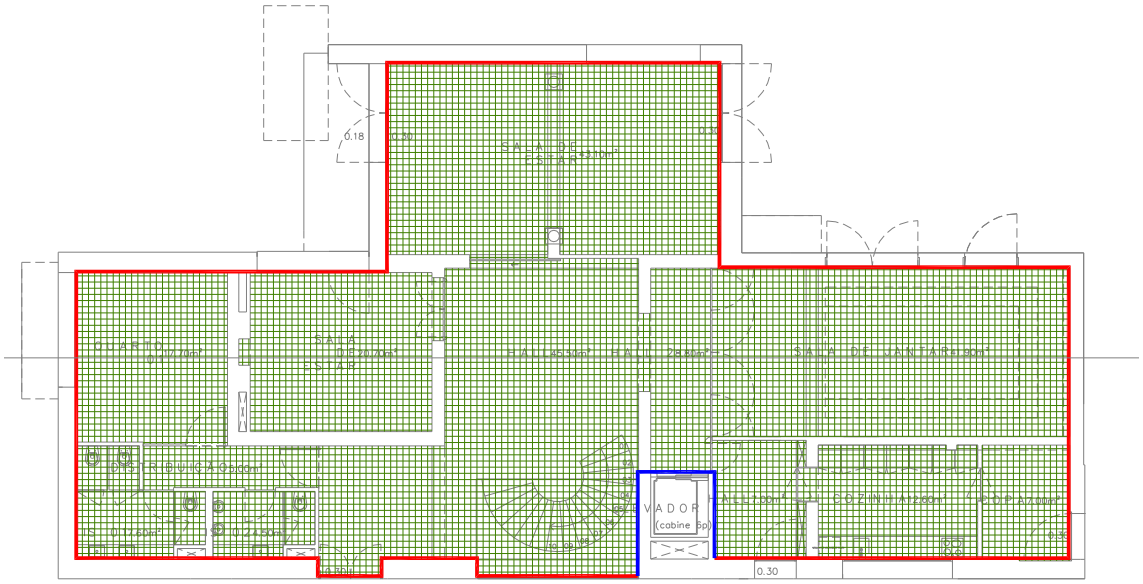


Figura 32 - Planta com envolventes do rés-do-chão (1)

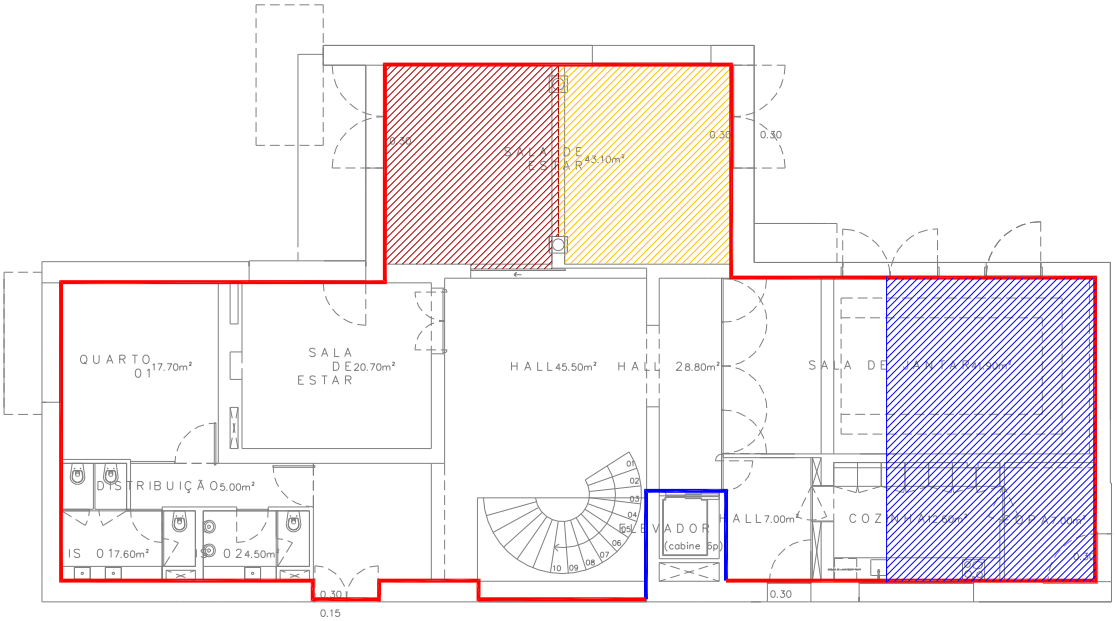


Figura 33 - Planta com envolventes do rés-do-chão (2)

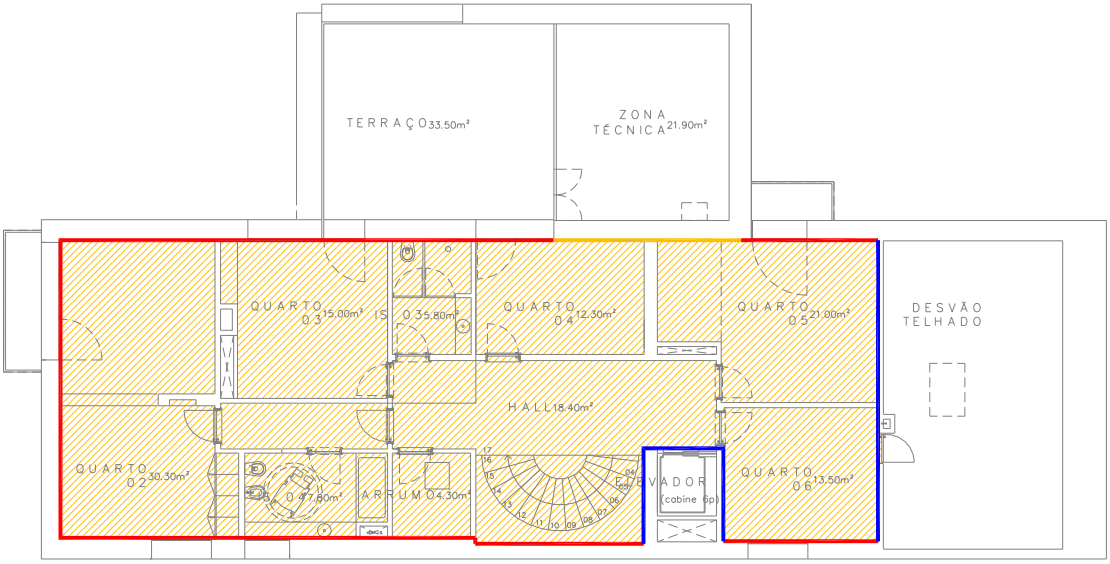


Figura 34 - Planta com envolvente do 1º andar

Figura 35 - Corte com as envolventes do edifício

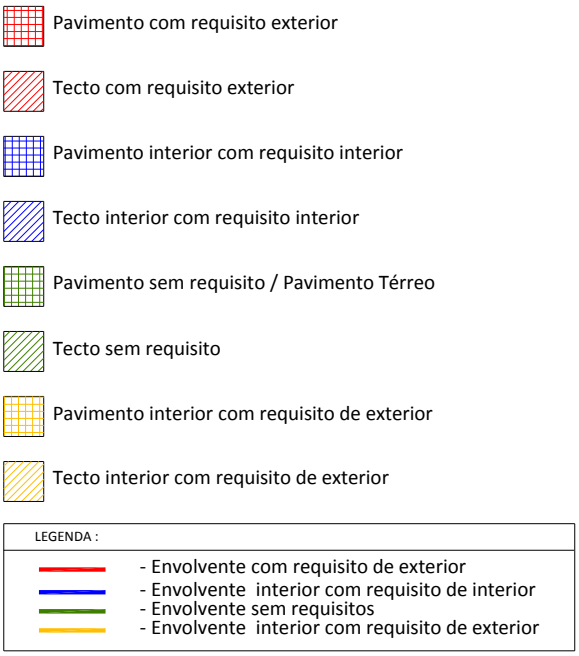


Figura 36 - Legenda das envolventes

5.1.7. Inércia térmica

A inércia térmica é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil dos elementos de construção que a constituem.

A massa superficial útil (M_{si}) de cada elemento de construção interveniente na Inércia Térmica é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento e características das soluções de isolamento térmico e revestimentos superficiais.

Sendo assim, considera-se o edifício como apresentando uma inércia térmica forte (It > 400 kg/m²), como se pode verificar nas folhas de cálculo anexas.

5.1.8. Pé direito ponderado

Para a determinação do pé direito ponderado, foi considerado um pé direito de 5.90m na zona da caixa de escadas, 2.80m nas zonas de circulação comum Hall 2 e Hall 6 e 2.40m em todas as divisões restantes.

Pé-direito (m)	**Área (m2)**	**Pd x A (m3)**
2.40	293.6	704.64
2.80	60.37	169.04
5.90	9.03	53.28
∑	363.00	926.96

Tabela 16 – Determinação do pé direito ponderado

$$\text{Pd ponderado} = \frac{926.96}{363.00} = 2{,}55 \text{ m}$$

5.1.9. Quantificação dos parâmetros térmicos

As soluções construtivas adotadas conciliam, dentro das opções correntes, um bom comportamento mecânico com um adequado desempenho térmico.

Os valores das resistências térmicas ou dos coeficientes de transmissão e condutibilidade térmica foram retirados da publicação LNEC ITE 50, ou sempre que necessário, calculados de acordo com o REH.

Note-se que no cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das diversas soluções construtivas, não foram contabilizadas as resistências térmicas relativas a acabamentos (pinturas, e outros revestimentos), entendendo-se que deste modo a verificação do regulamento será mais exigente no que respeita ao cálculo das necessidades nominais de energia útil por estação de aquecimento e de arrefecimento.

Envolvente opaca exterior e interior

Analisaram-se as envolventes verticais opacas exteriores e interiores (paredes) e as envolventes horizontais opacas exteriores e interiores (coberturas e pavimentos).
Não existem pontes térmicas planas, porque a estrutura do edifício é composta por paredes resistentes existentes com coeficiente de transmissão térmica igual solução construtiva das paredes existentes.

- **Envolventes verticais opacas (paredes exteriores e paredes interiores):**

I. Elemento tipo PE1: Parede exterior dupla de 53 cm de espessura, com isolamento pelo exterior, constituída (do interior para o exterior) por reboco de argamassa de cimento com 0,05m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,07 m de espessura e resistência térmica de 0,19 m2.ºC/W; caixa-de-ar não ventilada com uma espessura de 0,06m e uma resistência térmica de 0,18 m2.ºC/W; alvenaria em granito com uma espessura de 0,30m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.ºC); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado – EPS com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC), fixado na face exterior do pano de alvenaria, formando o sistema *"Cappotto"*, areado e pintado com tinta plástica de cor clara.

Parede - PE1	**esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/m.ºC)**	**Rj ($m^2.^0C/W$)**
Resistência superficial exterior	-	-	0,04
Poliestireno expandido moldado	0,05	0,037	1,35
Alvenaria em granito	0,30	2,80	0,107
Caixa-de-ar	0,06	-	0,18
Tijolo furado	0,07	-	0,19
Reboco	0,05	1,30	0,04
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt_{total} ($m^2.^0C/W$)			2,04
Coeficiente de transmissão térmica - U ($W/m^2.^0C$)			0,49

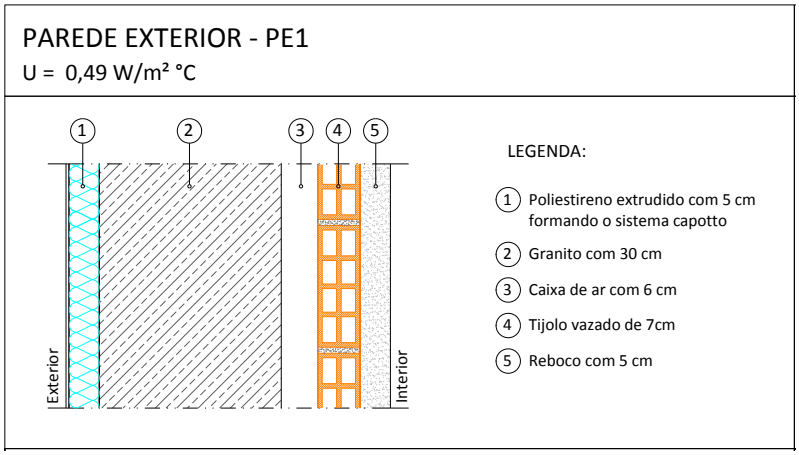


Figura 37 - Pormenor construtivo da PE1

II. Elemento tipo PI1: Parede interior existente para a caixa de elevadores em alvenaria simples de 27 cm de espessura, constituída (do interior para o espaço não útil) por placas de gesso cartonado com 0,013m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/m.ºC.; isolamento térmico/acústico de lã de rocha com 0,04m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/m.ºC.; alvenaria em granito com uma espessura de 0,22m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.ºC).

Parede - PI1	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/m.ºC)**	**Rj (m2.ºC/W)**
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Granito	0,22	2,80	0,079
Lã de rocha	0,04	0,042	0,95
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			1,34
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,74

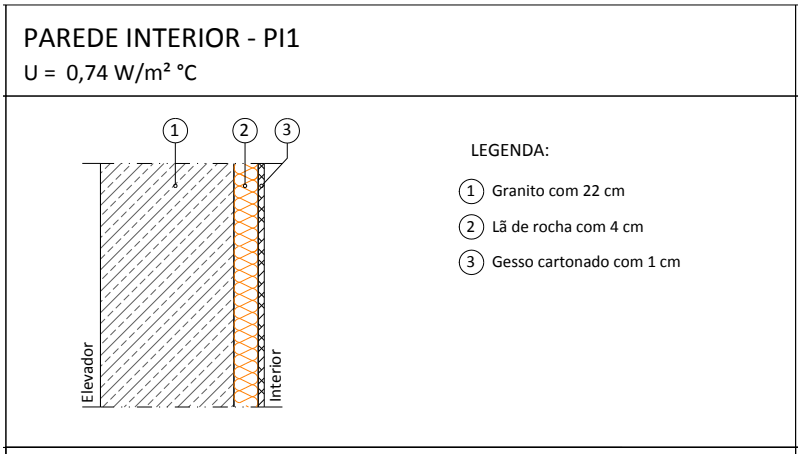


Figura 38 - Pormenor construtivo da PI1

III. Elemento tipo PI2: Parede interior construída para caixa de elevadores em alvenaria simples de 20 cm de espessura com isolamento do lado do espaço útil, constituída (do interior para o espaço não útil) por placas de gesso cartonado com 0,013m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/m.ºC.; isolamento térmico/acústico de lã de rocha com 0,04m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,15 m de espessura e resistência térmica de 0,39 m2.ºC/W.

Parede - PI2	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/m.ºC)**	**Rj (m2.ºC/W)**
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Tijolo furado	0,15	-	0,39
Lã de rocha	0,04	0,042	0,95
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			1,65
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,60

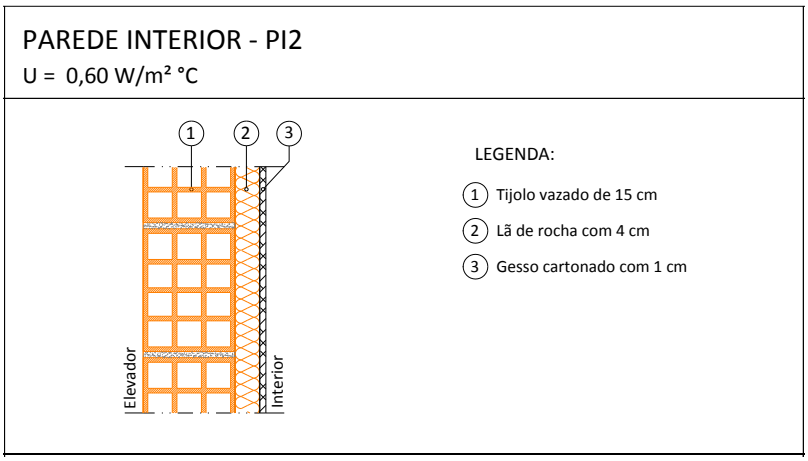


Figura 39 - Pormenor construtivo da PI2

IV. Elemento tipo PI3: Parede interior para desvão do telhado (1) em alvenaria simples de 18 cm de espessura com isolamento em espaço não útil, constituída (do interior para o espaço não útil) por reboco de argamassa de cimento com 0,02m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura e resistência térmica de 0,27 m2.ºC/W; isolamento térmico em poliestireno expandido moldado – EPS com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC), fixado na face exterior do pano de alvenaria, formando o sistema "*Cappotto*".

Parede - PI3	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/m.ºC)**	**Rj (m2.ºC/W)**
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Poliestireno expandido moldado	0,05	0,037	1,35
Tijolo furado	0,11	-	0,27
Reboco	0,02	1,30	0,02
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			1,90
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,53

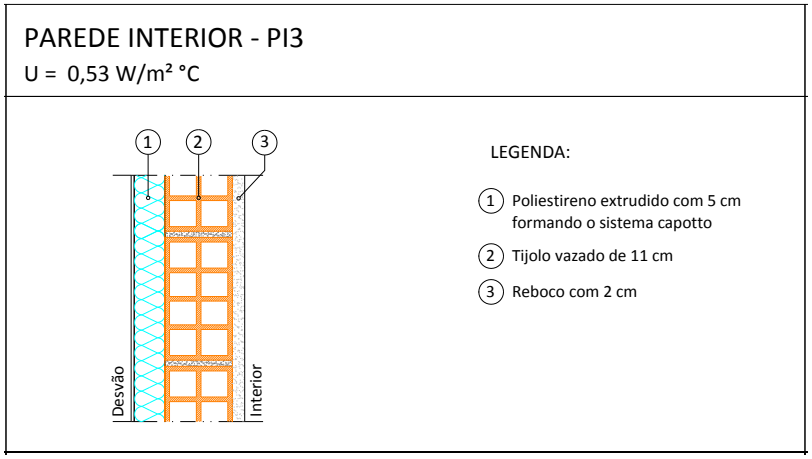


Figura 40 - Pormenor construtivo da PI3

V. Elemento tipo PI4: Parede interior para zona técnica em alvenaria dupla de 53 cm de espessura, com isolamento pelo espaço não útil, constituída (do interior para o espaço não útil) por reboco de argamassa de cimento com 0,05m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,07 m de espessura e resistência térmica de 0,19 m2.ºC/W; caixa-de-ar não ventilada com uma espessura de 0,06m e uma resistência térmica de 0,18 m2.ºC/W; alvenaria em granito com uma espessura de 0,30m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.ºC); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado – EPS com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC), fixado na face exterior do pano de alvenaria, formando o sistema "*Cappotto*", areado e pintado com tinta plástica de cor clara.

Parede - PI4	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/m.ºC)**	**Rj (m2.ºC/W)**
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Poliestireno expandido moldado	0,05	0,037	1,35
Alvenaria em granito	0,30	2,80	0,107
Caixa-de-ar	0,06	-	0,18
Tijolo furado	0,07	-	0,19
Reboco	0,05	1,30	0,04
Resistência superficial interior	-	-	0,13
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			2,13
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,47

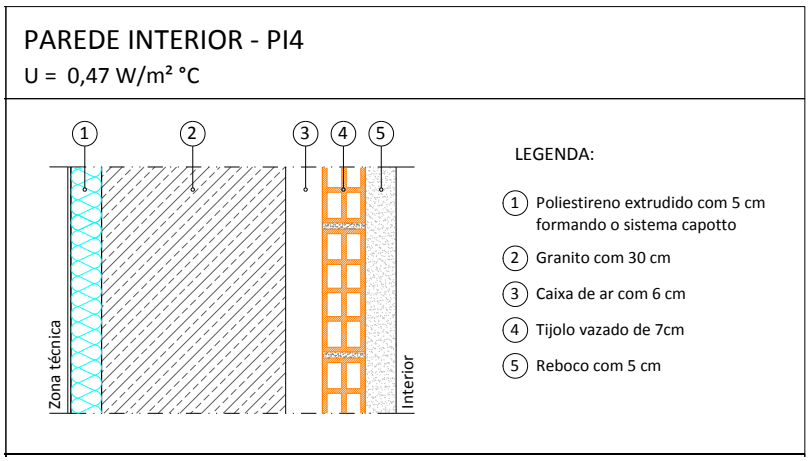


Figura 41 - Pormenor construtivo da PI4

- **Envolventes horizontais opacas (coberturas exteriores e interior e pavimento térreo):**

I. Elemento tipo COBE1: Cobertura em terraço com 67 cm de espessura constituída por revestimento em microcimento de cor clara com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,33 W/(m.ºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(m.ºC); caixa-de-ar com 0,30 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.

Cobertura - COBE1	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/m.ºC)**	**Rj (m2.ºC/W) Ascendente**	**Rj (m2.ºC/W) Descendente**
Resistência superficial exterior	-	-	0,04	0,04
Microcimento	0,05	0,33	0,15	0,15
Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas	0,20	-	0,23	0,25
Estuque	0,02	0,30	0,067	0,067
Caixa-de-ar	0,30		0,16	0,23

Lã de rocha	0,06	0,04	1,43	1,43
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	0,052
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			2,23	2,39
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,45	0,42

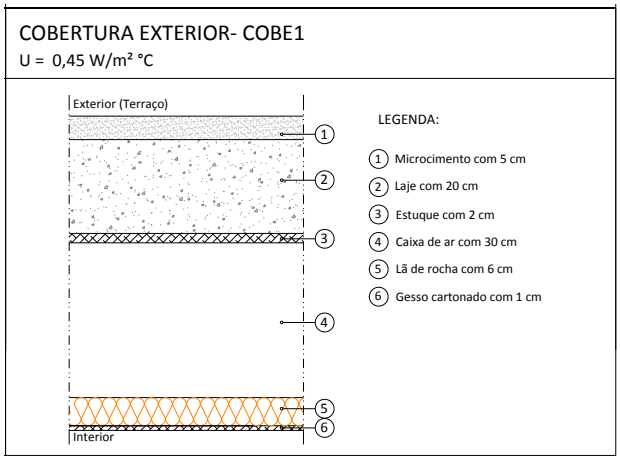


Figura 42 - Pormenor construtivo da COBE1

II. Elemento tipo COBI1: Cobertura interior em contato com o desvão do telhado (1) e zona técnica (2) com 69 cm de espessura constituída por revestimento a definir; argamassa de enchimento de 0,07 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/(m.ºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(mºC);caixa-de-ar com 0,30 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.

Cobertura - COBI1	Esp (m)	Condutibilidade térmica (W/m°C)	Rj (m2.°C/W) Ascendente	Rj (m2.°C/W) Descendente
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Argamassa de enchimento	0,07	1,30	0,05	0,05
Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas	0,20	-	0,23	0,25
Estuque	0,02	0,30	0,067	0,067
Caixa-de-ar	0,30	-	0,16	0,23
Lã de rocha	0,06	0,04	1,43	1,43
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	0,052
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Resistência térmica Total - Rt total (m2.°C/W)			2,19	2,25
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.°C)			0,46	0,44

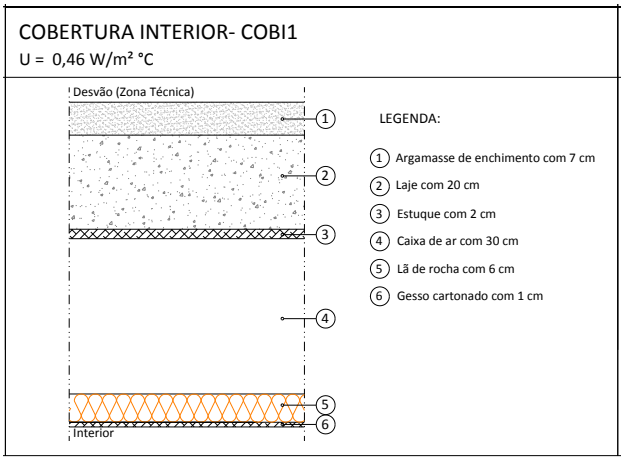


Figura 43 - Pormenor construtivo da COBI1

III. Elemento tipo COBI2: Cobertura interior em contato com o desvão do telhado (2) com 63 cm de espessura constituída por reboco de 0,02 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/(m°C); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.°C/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.°C/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(m°C); caixa-de-ar com 0,30 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.°C/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.°C/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.°C);

teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.

Cobertura - COBI2	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/mºC)**	**Rj (m2.ºC/W) Ascendente**	**Rj (m2.ºC/W) Descendente**
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Reboco	0,02	1,30	0,015	0,015
Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas	0,20	-	0,23	0,25
Estuque	0,02	0,30	0,067	0,067
Caixa-de-ar	0,30	-	0,16	0,23
Lã de rocha	0,06	0,04	1,43	1,43
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	0,052
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			2,15	2,38
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,46	0,42

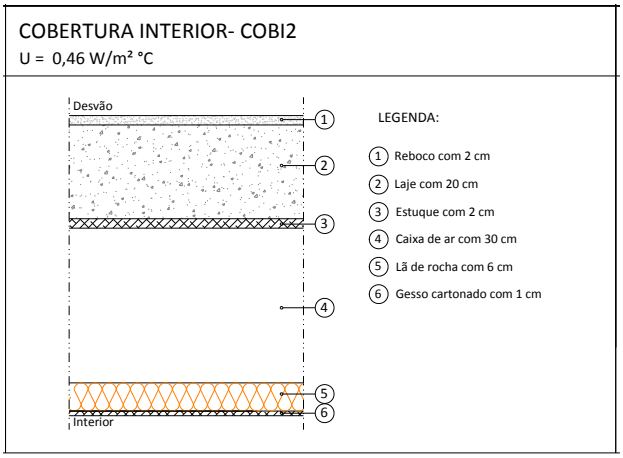


Figura 44 - Pormenor construtivo da COBI2

IV. Elemento tipo COBI3: Cobertura interior em contato com a zona técnica (1) com 66 cm de espessura constituída por revestimento em microcimento de cor clara com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(mºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(mºC); caixa-de-ar com 0,30 m de espessura

e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.

Cobertura - COBI3	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/mºC)**	**Rj (m2.ºC/W) Ascendente**	**Rj (m2.ºC/W) Descendente**
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Microcimento	0,05	0,33	0,15	0,15
Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas	0,20	-	0,23	0,25
Estuque	0,02	0,30	0,067	0,067
Caixa-de-ar	0,30	-	0,16	0,23
Lã de rocha	0,06	0,04	1,43	1,43
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	0,052
Resistência superficial interior	-	-	0,10	0,17
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			2,29	2,52
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			0,44	0,40

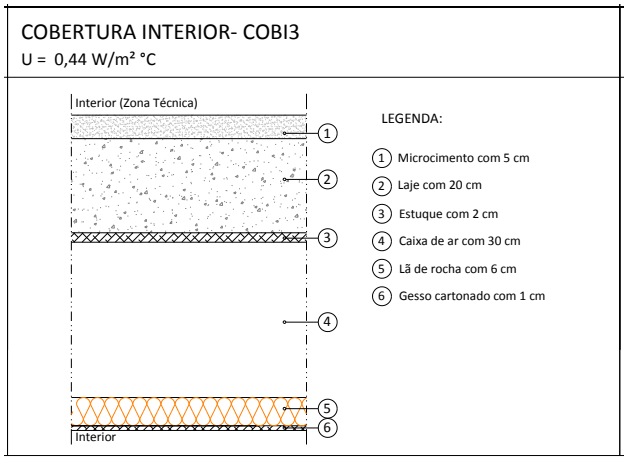


Figura 45 - Pormenor construtivo da COBI3

V. Elemento tipo PAVT1: Pavimento térreo com 20 cm de espessura, constituído por revestimento em pedra travertino com uma espessura de 0,05m e coeficiente de condutibilidade

térmica de 1,10 W/(mºC); camada de betonilha com uma espessura de 0,15m e condutibilidade térmica de 0,33 W/(mºC).

Pavimento - PAVT1	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/mºC)**	**Rj (m2.ºC/W)**
Resistência superficial interior	-	-	-
Pedra travertino	0,05	1,10	0,05
Betonilha	0,15	0,33	0,45
Resistência superficial interior	-	-	-
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			0,50

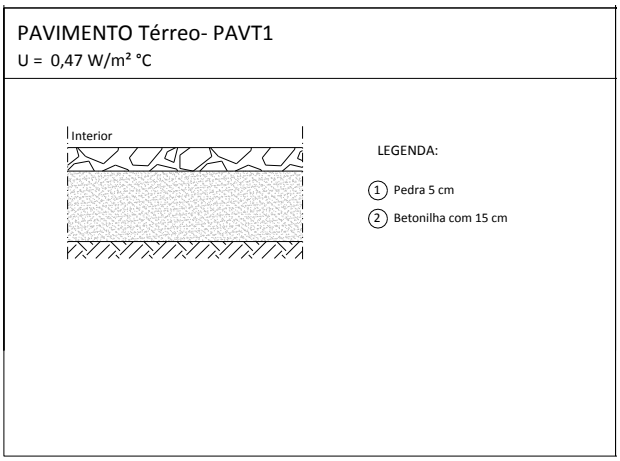


Figura 46 - Pormenor construtivo do PAVT1

Vãos opacos exteriores

Porta de entrada (PRT1) - Porta PORSEG série Invicta S, porta metálica de batente com aro constituído por perfis quinados de chapa de aço electro zincado de 2 mm de espessura soldados entre si. Contém uma borracha de isolamento térmico e acústico em toda a periferia. A folha é constituída por dois painéis de chapa de aço electro zincado de 1.5 mm de espessura e incorpora materiais isolantes térmicos e acústicos. No topo inferior encontra-se embutida uma vedação automática de soleira (VAS). Apresenta um coeficiente de transmissão térmica igual a 3,30 W/m^2.ºC.

PRT1	Esp (m)	Condutibilidade térmica (W/mºC)	Rj (m2.ºC/W)
Resistência superficial exterior	-	-	0.04
Porta PORSEG série Invicta S	-	-	1/3.3=0.30
Resistência superficial interior	-	-	0.13
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			0,47
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			2,11

Figura 47 -Porta PORSEG série Invicta S

Vãos opacos interiores

I. Porta de elevador (PRT2) - Porta de aço inoxidável com 2 folhas com 1cm de espessura cada e caixa-de-ar intermédia com 2cm de espessura (solução estimada).

PRT2	Esp (m)	Condutibilidade térmica (W/mºC)	Rj (m2.ºC/W)
Resistência superficial interior	-	-	0.13
Folha de aço inoxidável	0.01	17	0.001
Caixa-de-ar	0.02	-	0.13
Folha de aço inoxidável	0.01	17	0.01
Resistência superficial interior	-	-	0.13

Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)	0,39
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)	2,56

II. Porta interior (PRT3) - Porta interior de separação entre o quarto (6) e desvão do telhado (1) em madeira densa com 3cm de espessura (solução estimada).

PRT3	**Esp (m)**	**Condutibilidade térmica (W/mºC)**	**Rj (m2.ºC/W)**
Resistência superficial interior	-	-	0.13
Madeira densa	0.03	0.23	0.13
Resistência superficial interior	-	-	0.13
Resistência térmica Total - Rt total (m2.ºC/W)			0,39
Coeficiente de transmissão térmica - U (W/m2.ºC)			2,56

Envolvente envidraçada exterior

I. Envidraçado vertical exterior (VE1 e VE4):

- Caixilharia (vertical) em alumínio com corte térmico;
- Sem quadrícula;
- De abrir ou fixo;
- Vidro duplo NEUTRALUX®-S 6 mm / câmara 12 mm AR / NEUTRALUX® 4 mm incolor;
- Sem proteção;
- U = 1,60 W/m2.ºC;
- $g_{\perp Vi}$ = 0,47 (sem proteção);
- g_T = 0,47

II. Envidraçados verticais restantes:

- Caixilharia (vertical) em alumínio com corte térmico;
- Sem quadrícula;

- De abrir ou fixas;
- Vidro duplo FLOAT 6 mm / câmara 12 mm AR / NEUTRALUX® 4 mm incolor;
- Proteção solar interior com cortina ligeiramente transparente (telas screen) de cor clara;
- U = 1,60 W/m2 .oC;
- g⊥Vi = 0,57 (sem proteção);
- g_T = 0,29

5.1.10. Verificação dos requisitos mínimos

Apresenta-se de seguida a tabela seguinte, com um resumo dos requisitos mínimos e os valores dos coeficientes de transmissão térmica de cada elemento da envolvente.

Verificação dos requisitos mínimos			**Zona climática I1**		
Elemento	**Em contacto com envolvente**	**U (W/m2.ºC)**	**Uref. (W/m2.ºC)**	**Umax. (W/m2.ºC)**	**Verificação**
Parede exterior PE1	Exterior	0,49	0,50	1,75	OK
Parede interior PI1	ENU (btr ≤ 0.7)	0,74	1	2,00	OK
Parede interior PI2	ENU (btr ≤ 0.7)	0,60	1	2,00	OK
Parede interior PI3	ENU (btr ≤ 0.7)	0,53	1	2,00	OK
Parede interior PI4	ENU (btr > 0.7)	0,47	0,50	1,75	OK
Cobertura exterior COBE1	Exterior	0,45	0,40	1,25	OK
Cobertura interior COBI1	ENU (btr ≤ 0.7)	0,56	0,80	1,65	OK
Cobertura interior COBI2	ENU (btr > 0.7)	0,46	0,40	1,25	OK
Cobertura interior COBI3	ENU (btr ≤ 0.7)	0,44	0,40	1,65	OK

Pavimento térreo PAVT	Solo	0,49	0,50	Sem requisitos	OK
Envidraçados	Exterior	1,73	2,90	Sem requisitos	OK

Tabela 17 – Comparação dos coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas, de referência e máximos.

Envolvente envidraçada exterior

Fatores de sombreamento:

Vão envidraçado exterior	Orientação	Área (m2)	Tipo de vidro	Obstrução do Horizonte (αh)[1]	Pala horizontal (α)	Pala vertical à esquerda (βesq)	Pala vertical à direita (βdir)	Uwdn (W/m2.°C)	UREF (W/m².°C)
V1	Nordeste	9.79	Duplo	20	0	0	0	1.73	2.90
V2	Nordeste	2.54	Duplo	20	22	41	41	1.73	2.90
V3	Nordeste	4.09	Duplo	20	34	18	18	1.73	2.90
V4	Noroeste	2.00	Duplo	20	17	30	30	1.73	2.90
V5	Sudoeste	3.29	Duplo	20	17	27	27	1.73	2.90
V6	Sudoeste	5.69	Duplo	20	17	16	16	1.73	2.90
V7	Noroeste	6.01	Duplo	20	16	22	69	1.73	2.90
V8	Sudoeste	4.95	Duplo	20	21	17	17	1.73	2.90
V9	Sudeste	6.01	Duplo	20	13	19	50	1.73	2.90
V10	Sudoeste	2.46	Duplo	20	60	11	96	1.73	2.90
V11	Sudoeste	4.29	Duplo	20	16	28	81	1.73	2.90
V12	Sudeste	4.59	Duplo	20	40	13	24	1.73	2.90
V13	Sudeste	2.39	Duplo	20	40	43	10	1.73	2.90
V14	Nordeste	2.31	Duplo	20	32	32	32	1.73	2.90
V15	Nordeste	1.73	Duplo	20	32	40	40	1.73	2.90
V16	Nordeste	2.31	Duplo	20	32	27	27	1.73	2.90
V17	Sudoeste	3.24	Duplo	20	22	83	34	1.73	2.90
V18	Sudoeste	2.23	Duplo	20	60	18	109	1.73	2.90
V19	Sudoeste	2.32	Duplo	20	60	44	99	1.73	2.90
V20	Sudoeste	2.51	Duplo	20	15	11	63	1.73	2.90
V21	Sudoeste	4.32	Duplo	20	15	27	53	1.73	2.90
V22	Sudeste	4.51	Duplo	20	18	12	25	1.73	2.90
V23	Sudeste	2.35	Duplo	20	18	40	10	1.73	2.90

Tabela 18 - Fator de sombreamento dos vãos envidraçados exteriores

[1] αh = 20, por o edifícios se situar na periferia de uma zona urbana, sem existência de edifícios vizinhos de grande altura.

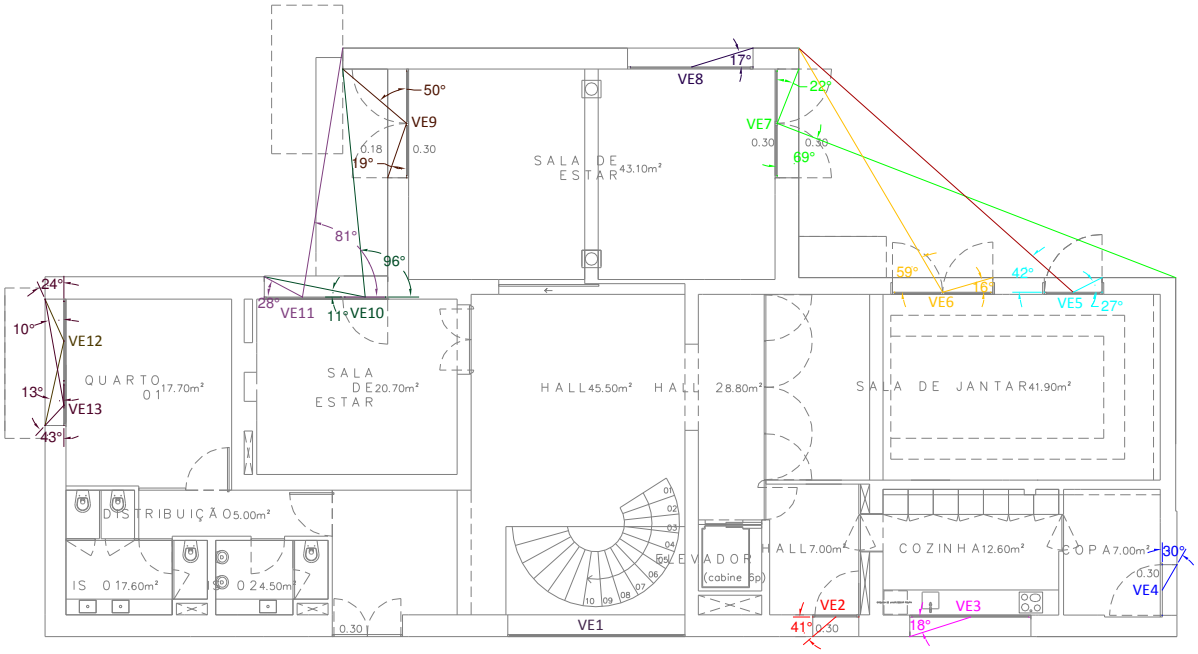


Figura 48 – Palas verticais à esquerda e à direita do rés-do-chão (βesq e βdir)

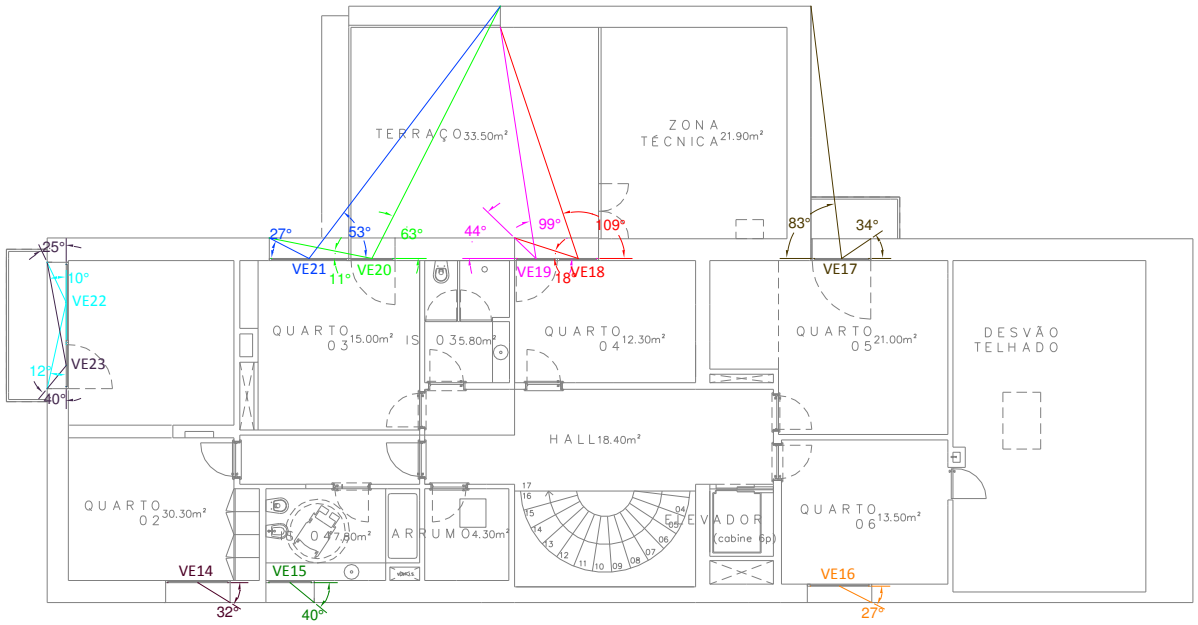


Figura 49 - Palas verticais à esquerda e à direita do 1º andar (βesq e βdir)

Figura 50 – Pala horizontal (α)

Na tabela seguinte, é feita a relação entre as áreas dos envidraçados e a área do pavimento dos seus respetivos compartimentos, apenas para os envidraçados que não estão orientados no quadrante Norte.

Envidraçados	Compartimento	Orientação	$A_{envidraçado}$ (m²)	$A_{pavimento}$ (m²)	$15\%.A_{compartimento}$ (m²)	Verificação
VE5-6	Sala de jantar	SW	8.98	41.85	6.28	$A_{env} > 15\%.A_{Pav}$
VE8-9	Sala de estar 1	SW/SE	10.96	44.09	6.61	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$
VE10-11	Sala de estar 2	SW	6.75	20.77	3.12	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$
VE12-13	Quarto 1	SE	6.98	17.79	2.67	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$
VE17	Quarto 5	SW	3.24	20.53	3.08	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$
VE18-19	Quarto 4	SW	4.55	12.30	1.85	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$
VE20-21	Quarto 3	SW	6.83	15.91	2.39	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$
VE22-23	Quarto 2	SE	6.86	30.43	4.56	$A_{env} > 15\%.\ A_{Pav}$

Tabela 19 – Relação da área dos envidraçados com a área do respetivo compartimento

Verificação do fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados acordo a Portaria 349-B/2013, considerando classe de inércia térmica Forte, zona climática V2 e área dos envidraçados superiores a 15% da área do pavimento do respetivo compartimento:

$$g_T \times F_0 \times F_F \leq g_{\perp max} \times \frac{0.15}{\frac{A_{env}}{A_{comp}}}$$

Em que:

- g_T - Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;
- F_0 - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

- F_F - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;
- g_{Tmax} - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, obtido da Tabela 19;
- A_{env} - Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento (m2);
- A_{pav} - Área de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s) (m2).

g_{Tmax}	Zona Climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0.15	0.10	0.10
Média	0.56	0.56	0.50
Forte	0.56	0.56	0.50

Tabela 20 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados (g_{Tmax})

Envidraçado	Orientação	F_0			F_0 final	F_F				F_F final
		α	Aque	Arref		βesq	βdir	Aque	Arref	
5	SW	17	0.86	0.82	0.84	42	27	0.92	0.93	0.93
6	SW	17	0.86	0.82	0.84	59	16	0.88	0.94	0.91
8	SW	21	0.83	0.83	0.83	17	17	0.96	0.96	0.96
9	SE	13	0.90	0.89	0.90	19	50	0.9	0.92	0.91
10	SW	60	0.49	0.50	0.50	11	96	0.94	0.96	0.95
11	SW	16	0.87	0.90	0.89	28	81	0.92	0.94	0.93
12	SE	40	0.67	0.68	0.68	13	24	0.96	0.97	0.97
13	SE	40	0.67	0.68	0.68	43	10	0.98	0.94	0.96
17	SW	22	0.82	0.82	0.82	83	34	0.88	0.92	0.90
18	SW	60	0.49	0.50	0.50	18	109	0.93	0.87	0.90
19	SW	60	0.49	0.50	0.50	44	99	0.89	0.86	0.88
20	SW	15	0.73	0.71	0.72	11	63	0.93	0.88	0.91
21	SW	15	0.70	0.72	0.71	27	53	0.92	0.88	0.90
22	SE	18	0.85	0.85	0.85	12	25	0.8	0.97	0.89
23	SE	18	0.85	0.85	0.85	40	10	0.98	0.93	0.96

Tabela 21 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais (F_0) e verticais (F_F) na estação de aquecimento e arrefecimento

Concluindo todos os cálculos auxiliares, na tabela é realizado a verificação do fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados para os envidraçados exteriores não isentos.

Envidraçado	g_T	$\mathbf{F_0}$	$\mathbf{F_F}$	$g_{\perp max}$	$\frac{0.15}{\frac{A_{env}}{A_{comp}}}$	**Verificação** $\boldsymbol{g_T \times F_0 \times F_F \leq g_{\perp max} \times \frac{0.15}{\frac{A_{env}}{A_{comp}}}}$
5	0.29	0.84	0.93		0.69	0.23 < 0.39
6	0.29	0.84	0.91		0.69	0.22 < 0.39
8	0.29	0.83	0.96		0.60	0.23 < 0.34
9	0.29	0.90	0.91		0.60	0.24 < 0.34
10	0.29	0.50	0.95		0.46	0.14 < 0.26
11	0.29	0.89	0.93		0.46	0.24 < 0.26
12	0.29	0.68	0.97		0.38	0.19 < 0.21
13	0.29	0.68	0.96	0.56	0.38	0.19 < 0.21
17	0.29	0.82	0.90		0.94	0.21 < 0.53
18	0.29	0.50	0.90		0.41	0.13 < 0.23
19	0.29	0.50	0.88		0.41	0.13 < 0.23
20	0.29	0.72	0.91		0.35	0.19 < 0.20
21	0.29	0.71	0.90		0.35	0.19 < 0.20
22	0.29	0.85	0.89		0.67	0.22 < 0.38
23	0.29	0.85	0.96		0.67	0.24 < 0.38

Tabela 22 – Verificação do fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados

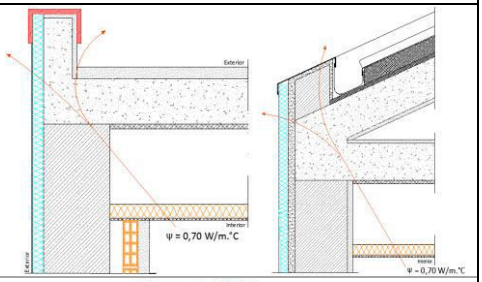
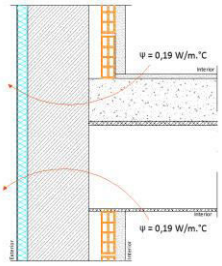
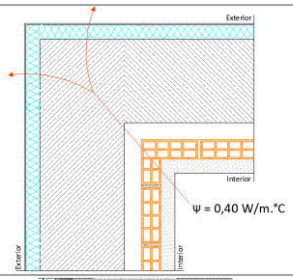
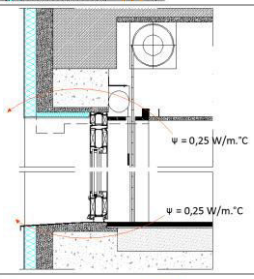
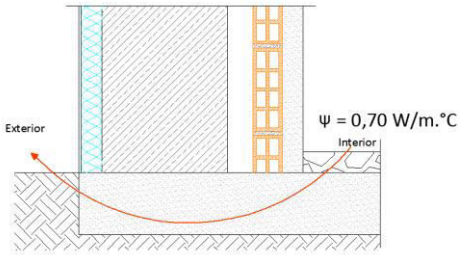
Todos os envidraçados cumprem a verificação exigida pelo regulamento no ponto 2.3 da Portaria 349-B/2013.

5.1.11. Pontes térmica lineares

Os fluxos de calor através das pontes térmicas lineares, PTL, são quantificados através do produto do coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica pelo respetivo desenvolvimento linear, medido pelo interior. A análise limita-se às pontes térmicas bidimensionais, sendo os valores do coeficiente de transmissão térmica linear retirados da tabela 07 do Despacho K/2013.

Os valores do coeficiente de transmissão térmica linear de referência foram retirados de acordo com a Tabela I.02 da Portaria n.º 349-B/2013.

Na tabela 23, estão representadas e determinadas as PTL pela envolvente exterior e pela envolvente interior que apresenta um btr superior a 0.7.

Tipo de ligação entre elementos	**B (Envolvente exterior) m**	**B (Envolvente interior) m**	**Ψ W/m.°C**	**Ψ REF W/m.°C**	**Ilustração da ligação**
Fachada com cobertura	76.51	4.11	0.70	0.5	
Fachada com pavimento intermédio	41.22	4.11	0.19	0.5	
Duas paredes verticais em ângulo saliente	28.80	-	0.40	0.4	
Fachada com caixilharia	178.91	-	0.25	0.2	
Fachada com pavimentos térreos	71.20	-	0.70	0.5	

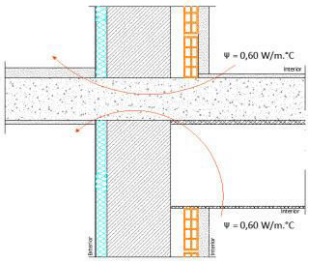
Fachada com varanda	18.60	-	0.60	0.5	

Tabela 23 - Pontes térmicas lineares pela envolvente exterior e interior

5.1.12. Renovação de ar

Por razões de higiene e conforto dos ocupantes, é necessário que o edifício seja ventilado em permanência por um caudal mínimo de ar.

A ventilação prevista será do tipo exaustão mecânica nas instalações sanitárias e cozinha.

O valor respeitante à ventilação mecânica é retirado da folha de cálculo do LNEC, tendo em conta que o edifício se encontra na Região B, na periferia de uma zona urbana, Rugosidade tipo II, altitude igual a 56 metros, não se considera haver dispositivos de admissão de ar nas fachadas, por meio de grelhas auto-reguláveis. As caixilharias têm classe de permeabilidade ao ar, classe 4.

A exaustão por meios mecânicos apresenta um caudal nominal de 750m³/h, sendo que o ventilador da marca S&P e do modelo CAB 250, com uma pressão total de 200Pa e um rendimento de 75%.

Os resultados obtidos de acordo as considerações anteriores foram:

- $R_{ph,i}$ (h-1) – Aquecimento = 0.81
- $R_{ph,v}$ (h-1) – Arrefecimento = 0.81
- Wvm, consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores (kWh) = 486.7

5.1.13. Necessidades de energia para a preparação de água quente sanitária

De acordo o REH, nos edifícios de habitação, o consumo médio diário de referência é calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} = 40 * 7 * 1 = 280\ litros$$

Em que:

- n - Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e n+1 ocupantes nas tipologias do tipo Tn com n > 0;
- f_{eh} - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência

hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais.

Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, feh = 0,90, sendo que nos restantes casos, feh = 1.

Considerou-se que o edifício unifamiliar irá ter uma ocupação permanente durante todos os dias do ano e que o aquecimento da água vai ser feito recorrendo a painéis solares ligados a um depósito de acumulação solar de 300L de capacidade com apoio de uma resistência elétrica.

Sistema composto por 2 coletores Vulcano WarmSun FKC com uma área total de 4,50 m², fornecendo anualmente 3014 kWh e um depósito da mesma marca de 300L. O conjunto forma um sistema completo, integrando suportes, tubagens e controladores próprios e montado orientado a Sudoeste, sobre a cobertura inclinada com uma inclinação de 25 graus. Os painéis estão interligados a um termoacumulador localizado na zona técnica (2), da marca Vulcano modelo "NaturaAqua" com potência térmica nominal de 3 kW e eficiência de 90%, com fonte de energia a eletricidade. Prevê-se um isolamento adequado das condutas com o mínimo de 10mm de espuma elastomérica.

Figura 51 – Painel Vulcano WarmSun FKC e termoacumulador NaturaAqua

Os coletores devem ser certificados, instalados por um instalador acreditado e certificado junto da Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) e possuir no final, aquando da emissão da certificação energética (CE), um contrato que assegure o funcionamento e manutenção por um período mínimo de 6 anos. Cópias da certificação dos coletores instalados, da certificação/acreditação do instalador e do contrato de manutenção devem fazer parte do processo certificação energética (CE).

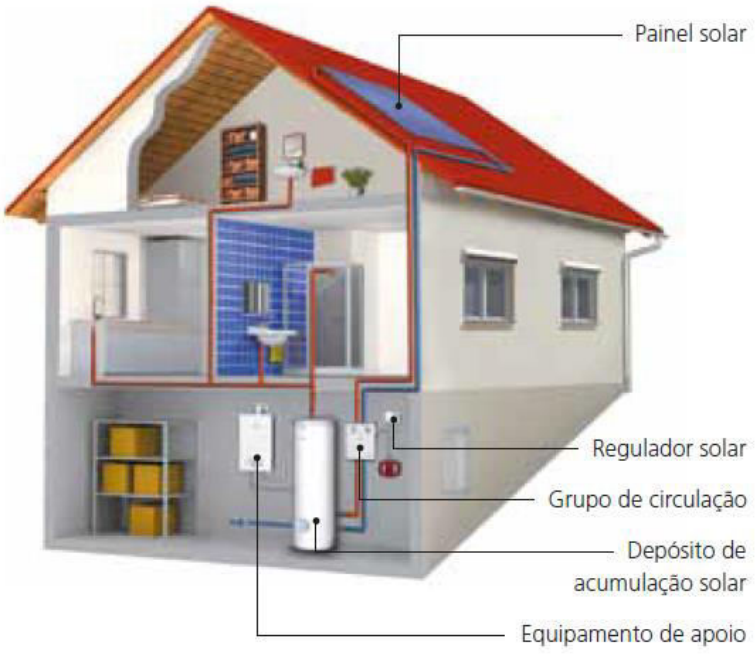


Figura 52 – Esquema exemplificativo do sistema solar a instalar

5.1.14. Sistemas de aquecimento e arrefecimento do ambiente

Para o sistema de aquecimento e arrefecimento do ambiente estão previstos dois sistemas centralizados (VRV) (unidade exterior e unidades interiores).

As unidades exteriores serão do tipo expansão direta, da marca DAIKIN, modelo RXYSQ, série P, de Volume de Refrigerante Variável (V.R.V.), da série INVERTER, Bomba de Calor, própria para a montagem no exterior e instalada no local assinalado nas peças desenhadas do projeto de mecânicas.

Deverá ainda cumprir com o expresso na lista de instruções de instalação para VRV III, dos manuais de Instruções e de Serviço da DAIKIN, constantes no SiE39-302.

As unidades interiores são do tipo de conduta de média pressão estática. A insuflação e o retorno às unidades serão através de plenum que liga a fendas realizadas no teto falso conforme representado nas peças desenhadas de mecânicas.

O sistema de climatização estão presentes nas divisões principais da habitação como a sala de estar e de jantar, salão nobre e quartos.

Características	Modelo RXYSQ 6 P
Potência para aquecimento (kW)	18.0
Potência para arrefecimento (kW)	15.5

Rendimento para aquecimento (COP)	3.8
Rendimento para arrefecimento (EER)	3.3

Tabela 24 - Características Principais (para condições standard EUROVENT)

Figura 53 – DAIKIN RXYSQ 6 P

5.1.15. Pormenores construtivos

Foram desenhados cortes construtivos relativos às paredes, pavimentos e todas as situações causadoras de pontes térmicas, conforme previsto no REH: ligação da fachada com cobertura, ligação da fachada com pavimento térreo, ligação da fachada com varanda, ligação da fachada com pavimentos intermédios, ligação de duas paredes verticais, ligação da fachada com pavimento em contato com espaços não úteis.

5.1.16. Verificação dos requisitos energéticos do edifício e classe energética obtida

De acordo com o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitações, o presente edifício satisfaz as exigências regulamentares.

Ap (m2)	Taxa Ren.	Nic	Ni	Nvc	Nv	Qa (kWh/ano)	Ntc	Nt

	(RPH)	(kWh/ m2.ano)	(kWh/ m2.ano)	(kWh/ m2.ano)	(kWh/ m2.ano)		(kgep/ m2.ano)	(kgep/ m2.ano)
363.00	0.81	27.12	54.93	9.49	9.13	4160	57.74	119.16

Nic - Necessidades de energia útil para aquecimento [kWh/ (m2.ano)];

Ni - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/ (m2.ano)];

Nvc - Necessidades de energia útil para arrefecimento [kWh/ (m2.ano)];

Nv - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/ (m2.ano)];

Qa - Necessidades de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];

Ap - Área interior útil de pavimento [m2];

Ntc – Necessidades nominais anuais globais de energia primária [kWhEp/ (m2.ano)];

Nt – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária [kWhEp/ (m2.ano)].

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{57.74}{119.13} = 0.48$$

Como R=0.48, esta moradia apresenta uma classe energética igual a A.

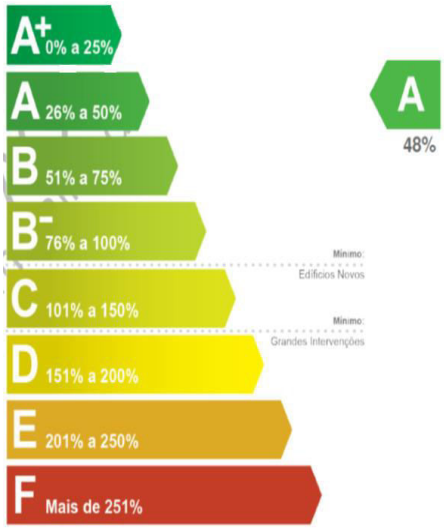


Figura 54 - Classes de desempenho energético

Relativamente à estação de arrefecimento, o valor de cálculo é superior ao limite regulamentar. No entanto, como o edifício foi construído entre 1960 e 1990, admite-se que esse valor pode ser superior em 25% do Ni. Sendo Assim:

$$\frac{Nvc}{Nv} < 1.25\ (=)\frac{9.49}{9.13} = 1.04\ OK$$

5.1.17. Nota final

Em tudo o que não estiver devidamente especificado serão acatadas todas as instruções da Câmara Municipal do Porto e do Perito Qualificado que emitir o Pré-certificado no sentido de serem cumpridas todas as disposições regulamentares aplicáveis.
De referir que o Pré-Certificado provisório emitido, encontra-se em anexo e relativamente às medidas de melhoria, neste caso não foram identificadas, pois este projeto resultou da implementação de novas soluções construtivas e novos sistemas técnicos num edifício existente.

5.2. Certificação energética de uma habitação

O certificado descrito neste capítulo corresponde a uma moradia unifamiliar situada na Rua da Morgadinha dos Canaviais, nº7, Sintra.

Figura 55 - Moradia caso de estudo

Este imóvel encontra se a uma altitude de 25m e com a fachada principal virada a Sudoeste, estas informações foram obtidas através do programa Google Earth. Encontra-se situado na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural a uma distância à costa superior a 5Km.

Este certificado foi elaborado e emitido com base no Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH), legislação que se encontra em vigor em Portugal e que veio revogar o RCCTE.

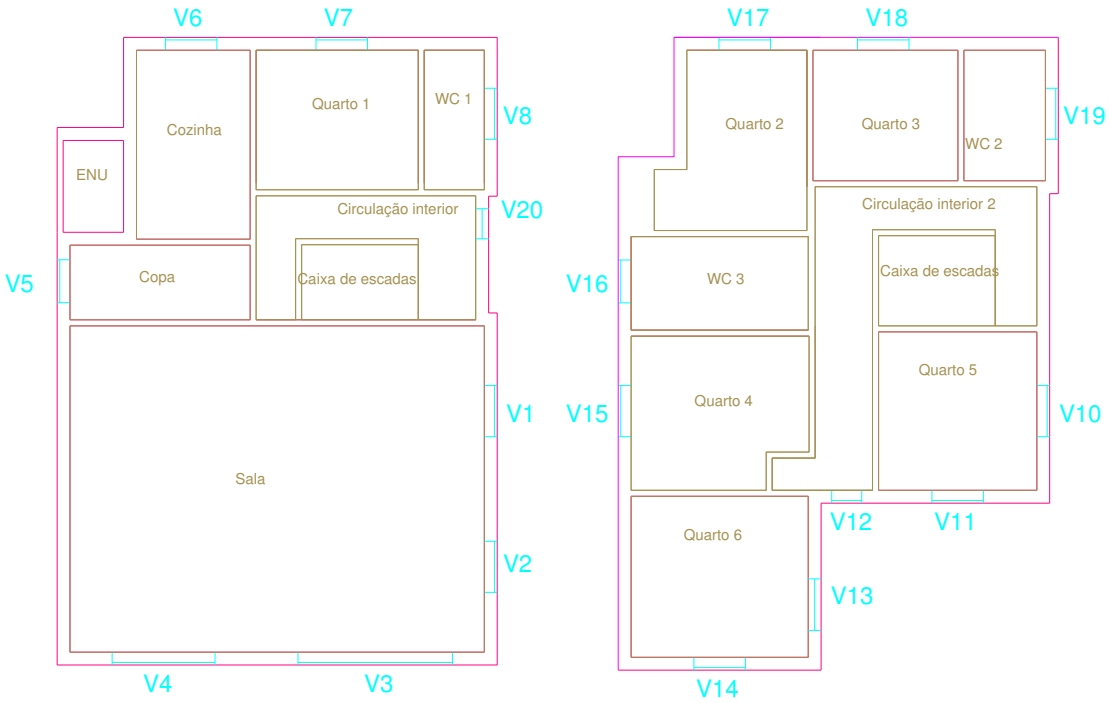


Figura 56 – Planta do rés-do-chão e 1º andar

5.2.1. Levantamento

O levantamento dimensional compreende-se por em recolha de todos os dados e medidas de determinado fração, necessários à posterior realização do seu certificado energético, quando não existe um documento validado pelo empreiteiro da obra que os contenha.

Inicialmente é feita a deslocação ao imóvel para levantamento das informações essenciais à elaboração do certificado e registo fotográfico do mesmo.

O seu procedimento de uma vistoria pode ser ordenado da seguinte maneira:

1. **Medição das divisões da moradia e os respetivos pés direitos;**

   Medidas representadas na planta da habitação.

2. **Medição da largura, altura e espessura dos envidraçados, verificação das características do vidro, caixilharia e proteção solar em contato com o exterior e espaços não úteis;**

   Nesta moradia, todos os envidraçados apenas têm uma caixilharia em caixilharia de PVC, com vidro duplo, sem informação sobre a classe de permeabilidade ao ar pois não tivemos acesso à ficha técnica dos envidraçados, de abrir e com proteções exteriores em estore veneziano de lâminas metálicas de cor escura.

3. **Medição da espessura das paredes em contato com o exterior e com os diferentes locais não aquecidos;**

   As paredes exteriores apresentam diferentes espessuras. Para este levantamento foi considerada:

   - Parede exterior designada com o número 1, com 40cm de espessura;
   - Parede exterior designada com o número 2, com 25cm de espessura;
   - Parede interior designada com o número 1, em contato com a casa das máquinas com 25cm de espessura.

4. **Identificação e marcação das envolventes (exterior, interior ou sem requisitos) com a sua cor correspondente na planta fornecida;**

5. **Recolha de informações dos equipamentos de preparação das AQS, Aquecimento, Arrefecimento e de energia renovável;**

   A preparação das AQS e do Aquecimento é feita por uma caldeira a gasóleo, sendo que o aquecimento está presente nas divisões através de radiadores murais.

6. **Verificação da Inércia térmica através das referências mencionadas na tabela 03 no despacho 15793-E/2013;**

   Inexistência de pavimento flutuante e teto falso e sim a presença de teto rebocado determina que a inércia térmica da mesma é Forte.

7. **Verificação dos dispositivos de ventilação e de admissão de ar nas fachadas existentes;**

   A ventilação existente é natural e através de janelas apenas.

8. **Levantamento fotográfico que comprove todos os passos anteriores;**

Neste processo foram adotadas as regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional previsto na Tabela 1 do Despacho E/2013.

5.2.2. Definição dos espaços não úteis e envolventes

Analisado a informação fornecida pelo levantamento, segue-se o desenho da planta da moradia em Autocad, com as medidas levantadas, reais e não de projeto e marcação das suas envolventes.
A moradia apresenta como espaço não útil, casa das máquinas onde se encontra instalada a caldeira Vulcano e o desvão ventilado da cobertura. Nestes espaços, foi considerado um btr igual a 0.8, valor previsto no Despacho E/2013, sendo esta envolvente interior com requisito de exterior de cor amarela como se pode ver na figura 40.

Nesta planta, existem as seguintes envolventes:

- Envolvente com requisito de exterior, paredes em contato com o exterior;
- Envolvente interior com requisito de exterior, paredes em contato com a casa das máquinas;
- Pavimento térreo em contato com o solo e em contato com a casa das máquinas no 1º piso;
- Cobertura com requisitos de interior no 1º e 2º piso.

Para além das envolventes, está presente também os envidraçados do imóvel, bem como as áreas e pé direitos das suas divisões.

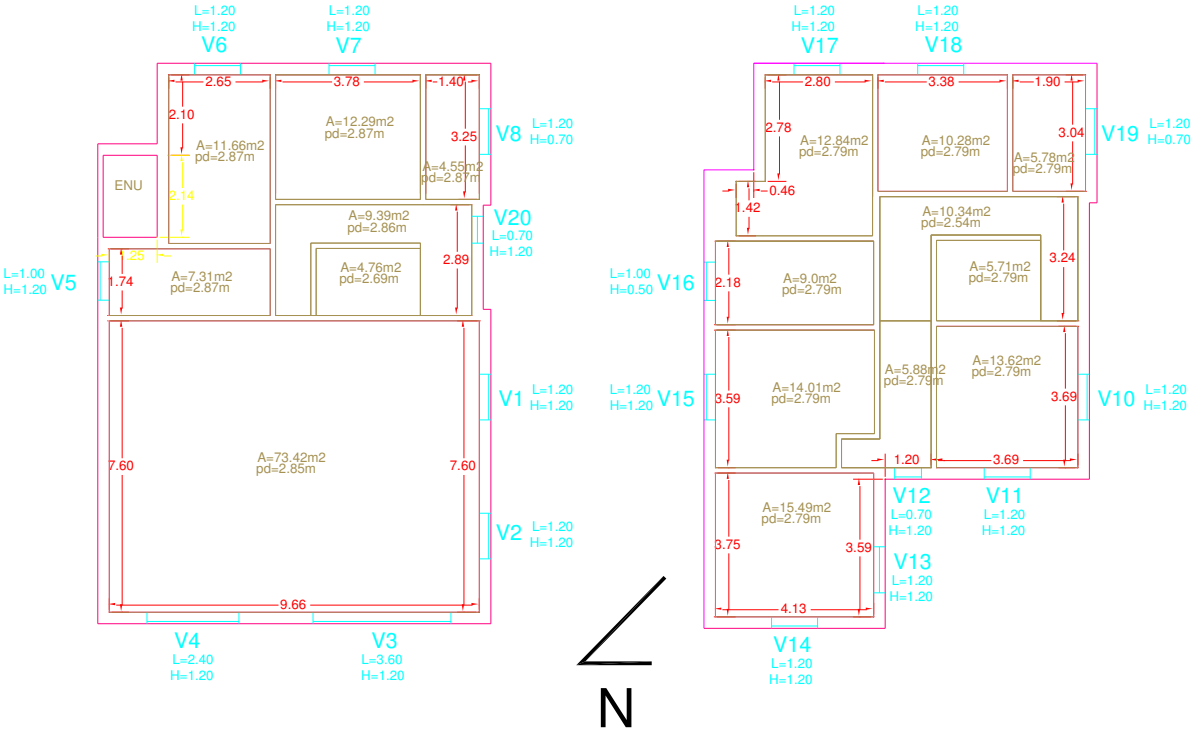


Figura 57 - Planta r/c e 1ºandar

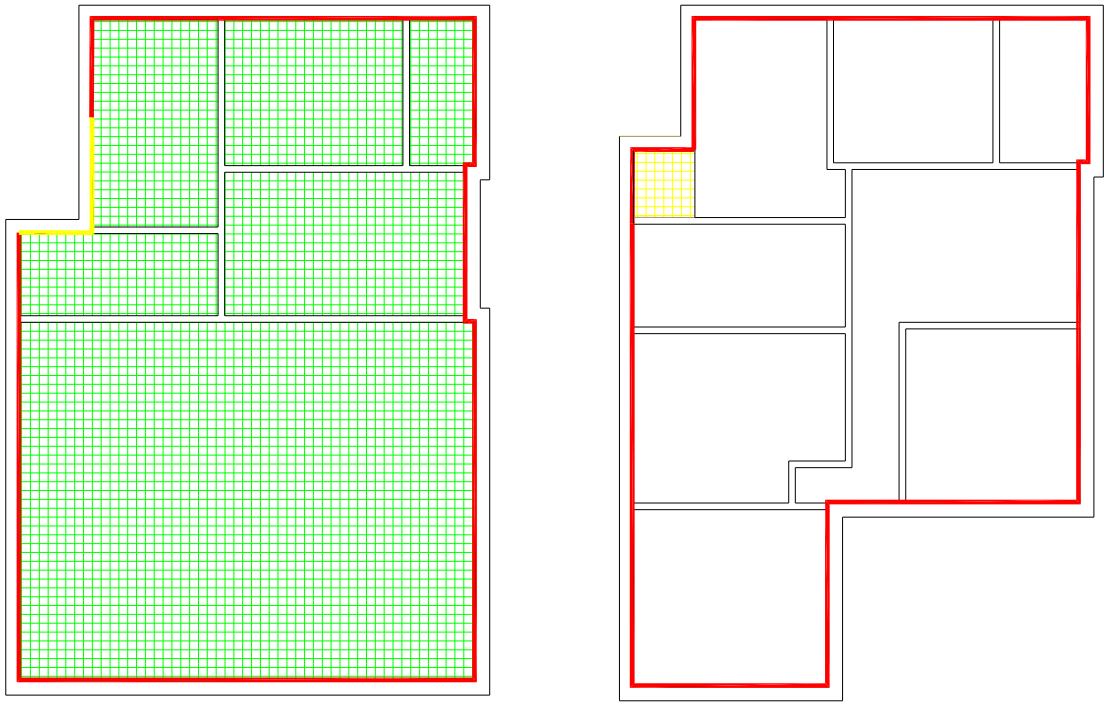


Figura 58 - Pavimento térreo (r/c) e pavimento com requisitos de interior (1ºandar)

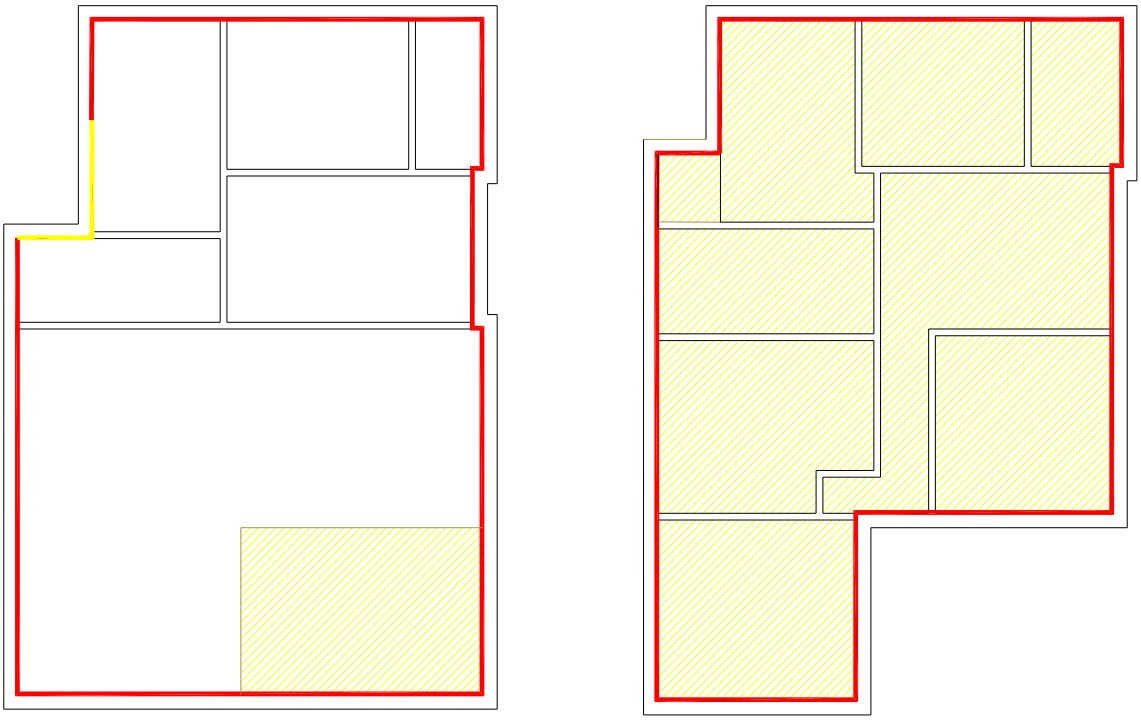


Figura 59 -Teto com requisitos de interior (r/c e 1ºandar)

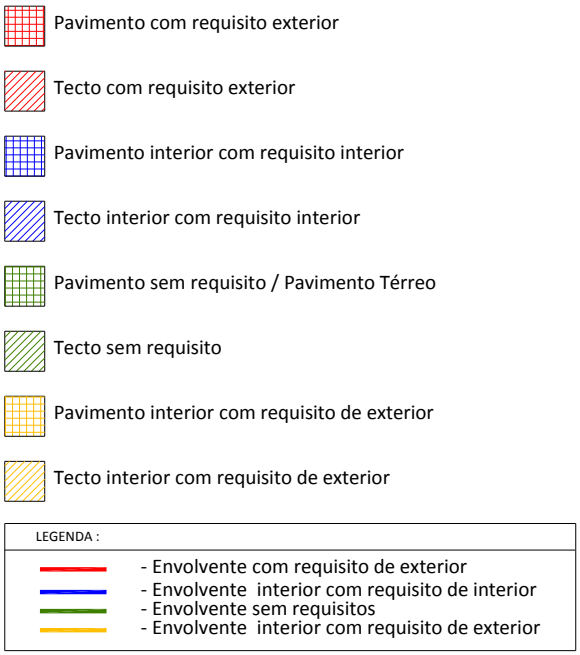


Figura 60 - Legenda das envolventes

5.2.3. Cálculos auxiliares

Com o preenchimento de uma folha de cálculo auxiliar criada pela empresa, chegamos aos seguintes dados:

- Área útil de pavimento = 226.33m²;
- Pé direito ponderado = 2.81m;
- Área de parede exteriores = 245.90 m²;
- Área de parede interior = 9.53 m²;
- Área de envidraçados = 28.94 m².

5.2.4. Sistemas técnicos

A habitação dispõe de caldeira a gasóleo Vulcano TL 35 para preparação das águas quentes sanitárias e o aquecimento no seu interior. Como é um modelo antigo, foi me impossível encontrar informações sobre o seu rendimento e a sua potência nominal. Adotando uma simplificação prevista Despacho E, admiti que a caldeira tem a idade do edifício. Considerando então a Idade do Sistema, Depois de 1995, foi atribuído pela folha de cálculo uma eficiência base de 0.75 para AQS e Aquecimento de acordo com a tabela 06 do mesmo documento.

Figura 61 - Caldeira Vulcano TL 35 e radiador mural

5.2.5. Renovação de ar

Dados introduzidos:

- Região – B;
- Rugosidade – II;
- Altitude – 25m;
- Nº de fachadas expostas ao exterior – 2 ou mais;
- Existem obstáculos à frente das fachadas – Não;
- Altura do edifício – 6m;
- Altura da fração – 6m;
- Área de vãos envidraçados – 28.94m²;
- Classe de permeabilidade ao ar das janelas – Não existe informação;
- Caixa de estore – Não tem;
- Aberturas de admissão de ar na fachada – 750cm², fixa ou regulável manualmente.

Resultados obtidos:

- Rph estimada = 0.65 (h-1)
- Rph mínimo = 0.40 (h-1)
- Rph,i = 0.65 (h-1)
- Rph,v = 0.65 (h-1)

5.2.6. Envolvente opaca exterior

Parede exterior

O coeficiente de transmissão térmica das paredes foi determinado com base na espessura das mesmas, considerando estas paredes rebocadas posteriores a 1960, de acordo com o Quadro II.3 do documento Valores por defeito, previsto no Despacho n.º 15793-E/2013, esta simplificação determina que paredes com 35cm ou superior de espessura tenham um U=0.96 W/m².°C e com 25cm, U=1.30 W/m².°C.

Este procedimento só é permitido porque não nos foi facultado a ficha técnica ou desenhos de projeto dos elementos construtivos e a declaração do técnico da obra que os comprove.

Pavimento térreo

Todo o pavimento do rés-o-chão está em contato com o solo, resultando numa área de 123.38m² com a seguinte resistência térmica:

$$R_f = \frac{1}{3.1} - 0.04 - 0.17 = 0.11 m^2 c/w$$

Esta simplificação prevista no ponto 2.1.3 do Despacho E/2013, retira as R_{si} e R_{se} à resistência térmica de um pavimento com o sentido do fluxo descendente com um coeficiente de transmissão térmica igual a 3.10 W/m².°C. Este valor para pavimentos encontra-se Quadro III do documento Valores por Defeito.

Pontes térmicas lineares pela envolvente exterior

Ao analisar as plantas com as envolventes e espaços definidos, concluímos que existem as seguintes PTL:

Tipo de ligações entre elementos	**Comprimento B** (VIII)	**Ψ**	**Ψ** REF
	m	**W/m.°C**	**W/m.°C**
Fachada com pavimento intermédio	65.19	0.70	0.5
Fachada com caixilharia	96.00	0.30	0.2
Fachada com cobertura	66.68	0.70	0.5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	29.51	0.50	0.4
Fachada com pavimentos térreos	42.67	0.70	0.5

Tabela 25 - Pontes térmicas lineares pela envolvente exterior

Os coeficientes de transmissão térmica lineares estão previstos na Tabela 3 do Despacho E.

Paredes interiores

A parede interior está em contato com a casa das máquinas tem uma espessura de 25cm e um coeficiente de transmissão térmica determinado com base na espessura da mesma, considerando parede rebocada posterior a 1960, de acordo com o Quadro II.3 do documento Valores por defeito, previsto no Despacho n.º 15793-E/2013, mas alterando o cálculo para paredes interiores da seguinte maneira:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.3} - 0.04 + 0.13} = 1.16 \text{ W/m}^2.°\text{C}$$

Pavimento interior

O pavimento do 1º piso encontra-se em contato com a casa das máquinas, originando perdas de calor nesse local por se tratar de um espaço não útil. Está revestido pelo interior através de madeira e pelo exterior por reboco. O seu coeficiente de transmissão térmica é igual a:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{3.10} - 0.04 + 0.17} = 2.21 \text{ W/m}^2.°\text{C}$$

Esta simplificação retira as R_{si} e R_{se} de um pavimento pesado com o sentido do fluxo descendente ao coeficiente de transmissão térmica de um pavimento pesado igual a 3.10 W/m².°C. Este valor encontra-se Quadro III do documento Valores por Defeito.

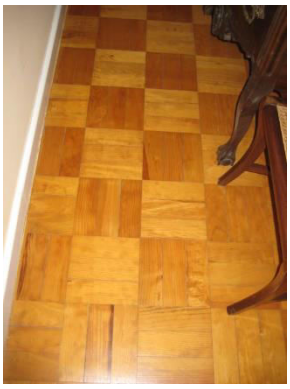


Figura 62 - Pavimento interior em madeira

Cobertura interior

Nesta moradia a cobertura é inclinada com telha cerâmica e os tetos rebocados horizontais, existindo entre estes um desvão ventilado. Nesta situação é considerado cobertura interior com a sua área é igual a 119.94m² e um desvão fortemente ventilado e com emissividade normal.

O seu coeficiente de transmissão térmica ascendente e descendente é calculado da seguinte maneira:

$$U_{asc} = \frac{1}{\frac{1}{2.60} - 0.04 + 0.10} = 2.25 \text{ W/m}^2.°\text{C}$$

$$U_{desc} = \frac{1}{\frac{1}{2.20} - 0.04 + 0.17} = 1.71 \text{ W/m}^2.°\text{C}$$

Esta simplificação retira as R_{se} de uma cobertura exterior pesada horizontal e inclui a devida R_{si}, por se tratar de uma cobertura interior. Este procedimento foi repetido para os dois sentidos do fluxo, tendo em conta os coeficientes de transmissão térmica de uma cobertura pesada igual a 2.60 e 2.20 W/m².°C. Este valor encontra-se Quadro III do documento Valores por Defeito.

Pontes térmicas lineares pela envolvente interior

Ao analisar as plantas com as envolventes e espaços definidos, concluímos que existem as seguintes PTL:

Tipo de ligação entre elementos	Comprimento B (VIII)	Ψ	Ψ REF
	m	W/m.°C	W/m.°C
Fachada com pavimento intermédio	3.39	0.70	0.5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1.42	0.50	0.4
Fachada com pavimentos térreos	3.39	0.70	0.5

Tabela 26 - Pontes térmicas lineares pela envolvente interior

Os coeficientes de transmissão térmica lineares estão previstos na Tabela 3 do Despacho E.

5.2.7. Vãos opacos exteriores

Todos os 20 envidraçados exteriores têm as seguintes características:

- Vão simples;
- Caixilharia em PVC;
- De abrir;
- Sem informação sobre a classificação de permeabilidade ao ar;
- Constituído por vidro duplo (4+6mm) e com 6mm de caixa-de-ar;
- Proteção solar exterior em estore veneziano de lâminas metálicas de cor escura.

Figura 63 - Envidraçado exterior

De acordo o Quadro III.3 do documento *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios*, o coeficiente de transmissão térmica (U) é igual a 2,7 W/(m².°C).
O fator solar dos vidros devem ser fornecidos pelos fabricantes, mas quando é impossível obter essa informação, este valor está previsto na Tabela 12 do Despacho nº 15793-K/2013.
Neste caso as espessuras das folhas interiores e exteriores dos envidraçados referidos anteriormente determina que este seja de 0.75. Como os dispositivos de proteção solar não são fixos, o Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes (g_{Tp}) é igual ao fator solar do vidro.
O valor do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar (g_{Tvc}) para estore veneziano de lâminas metálicas com vidro duplo é de 0.09, de acordo a Tabela 13 do mesmo despacho.
As condições de sombreamento nas estações de arrefecimento e de aquecimento, áreas, orientações e outros dados estão descritos em anexo na folha de cálculo...

5.2.8. Classe energética segundo o REH

A classificação energética poderá ser de A+, A, B, B-, C, D, E, F, para certificados de edifícios existentes. Esta é obtida a partir do fator R, como podemos ver o seu valor na equação.
Sendo Ntc, as necessidades nominais anuais globais de energia primária [kWhEp/(m2.ano)] e Nt o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária [kWhEp/(m2.ano)].

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{120.86}{83.93} = 1.44$$

Como R=1.44, esta moradia apresenta uma classe energética igual a C.

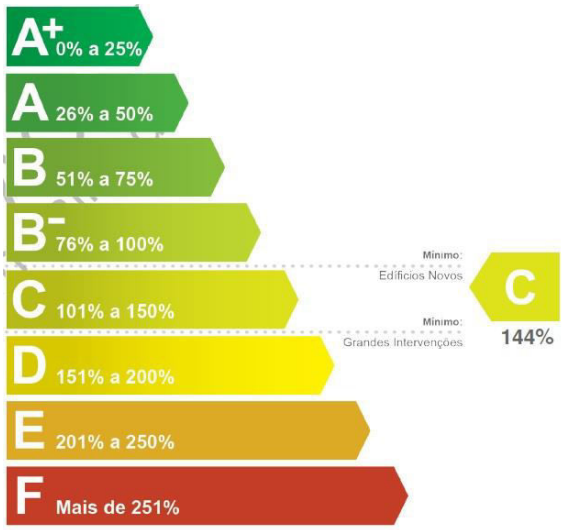


Figura 64 – Classes energéticas

5.2.9. Medidas de melhoria

Analisando os aspetos mais desfavoráveis em termos de consumos dos equipamentos e perdas de calor pelas envolventes, pode se concluir que a classe energética pode ser melhorada com seguintes medidas:

- Substituição do equipamento atual e instalação de caldeira mais eficiente de gasóleo para preparação de águas quentes sanitárias e para o aquecimento ambiente;
- Aplicação de isolamento térmico na cobertura horizontal (teto falso);
- Instalação de Sistema Solar Térmico individual para preparação das águas quentes sanitárias.

Através da mesma folha de cálculo, procederei às implementações das medidas de melhoria uma a uma, obtendo a sua nova classificação, a redução anual da fatura energética e o retorno do investimento. Estes valores são obtidos automaticamente pela folha de cálculo.

Caldeira a gasóleo

Como o sistema anterior de aquecimento das águas quentes sanitárias e do aquecimento ambiente é antigo e não existe informação sobre a eficiência do mesmo, sugiro que este seja substituído por uma Caldeira Vulcano CTL 25 SK ou marca equivalente, com uma eficiência a 30% da carga nominal igual a 93% e com uma potência útil de 25kW.

Figura 65 - Caldeira Vulcano CTL 25 SK

O custo de investimento estimado para esta medida de melhoria será de aproximadamente 1900€, resultando numa redução anual da fatura energética de 614.13€ e período de retorno simples do investimento de 3.09 anos.

A implementação isolada desta medida de melhoria permite obter os seguintes valores:

- $N_{tc} = 72.00$
- $N_t = 83.93$
- R=1.17 → Classe energética C, mas melhoria significativa do quociente R.

Aplicação de isolamento térmico na cobertura horizontal

Aplicação de um teto falso com 4 cm de isolamento térmico poliestireno expandido moldado (EPS), em placas fixadas no teto em contato com locais não aquecidos, reduzindo o valor do coeficiente de transmissão térmica para 0.71 W/(m2.ºC).

A solução é constituída por aplicação mecânica e colagem de placas de isolamento pelo interior da cobertura interior, à qual se sobrepõe uma estrutura leve de perfis de aço galvanizado (teto falso), revestidos com placa de gesso cartonado de 13mm fixadas mecanicamente à estrutura metálica e acabamento final em pintura.

Figura 66 – Exemplo de montagem do teto falso

O custo de investimento estimado para esta medida de melhoria será aproximadamente de 35€/m², para uma área de 123.38 m². Um investimento de 4197.9€ resultando numa redução anual da fatura energética de 435.56€ e período de retorno simples do investimento de 9.64 anos.

A implementação isolada desta medida de melhoria permite estimar uma Classe Energética C para o seu imóvel.

A implementação isolada desta medida de melhoria permite obter os seguintes valores:

- N_{tc} = 80.22
- N_t = 83.93
- R=0.96 → Classe energética B-.

Instalação de Sistema Solar Térmico individual

Instalação de um Sistema solar individual Vulcano WarmSun ou marca equivalente, compacto, do tipo Kit-termossifão, para produção de águas quentes sanitárias, composto por coletores solares planos perfazendo uma área total de 9 m², instalado na cobertura, evitando obstruções do horizonte, com azimute Sul e inclinação 33º.

O depósito de acumulação deve possuir 300 litros de capacidade com permutador de calor em camisa, com eficácia de 35%, localizado no exterior do imóvel e instalado na posição horizontal,

construído em aço vitrificado e possuindo isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano com 50mm de espessura. A rede de transporte de fluído deve ser isolada e protegida mecanicamente. O controlo do sistema é efetuado por comando diferencial ligado a sondas de temperatura. O painel deve ter certificação Solar Keymark e contrato de manutenção do sistema por um período mínimo de 6 anos e ser instalado por técnicos acreditados pela DGEG.

Procedimento de cálculo do parâmetro E_{solar} através do SolTerm:

1. Localização do edifício.

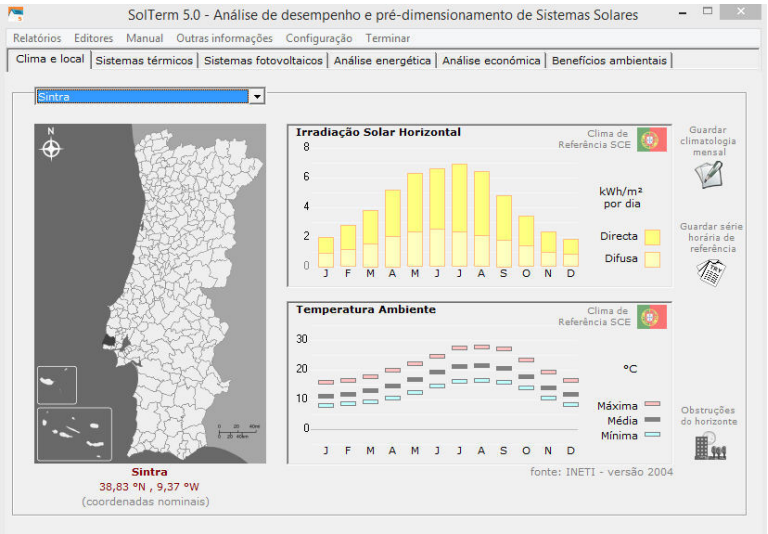


Figura 67 - Localização (SolTerm)

2. Definição da tipologia da moradia para determinação dos consumos de águas quentes.

Figura 68 – Tipologia (SolTerm)

3. Definição dos sistemas térmicos:

- Coletores = Vulcano WarmSun ou marca equivalente;
- Inclinação = 33º;
- Azimute = Sul;
- Depósito = 300L;
- Sistema de apoio = Caldeira a gasóleo;
- Consumo = 7 ocupantes.

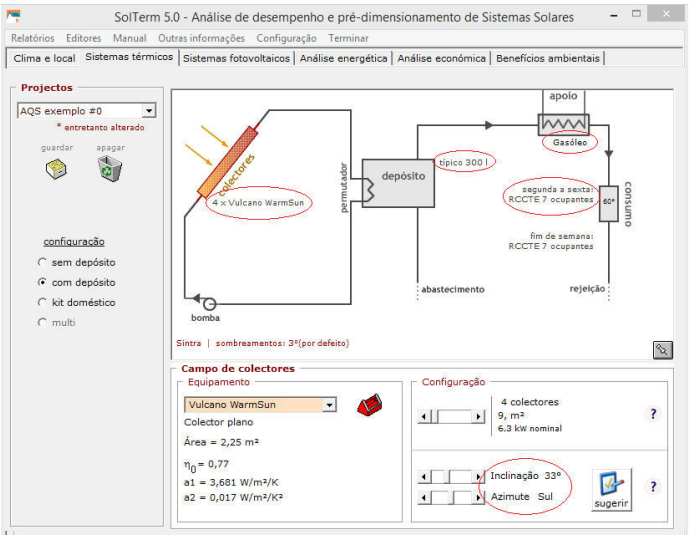


Figura 69 - Sistemas térmicos (SolTerm)

4. Análise energética.

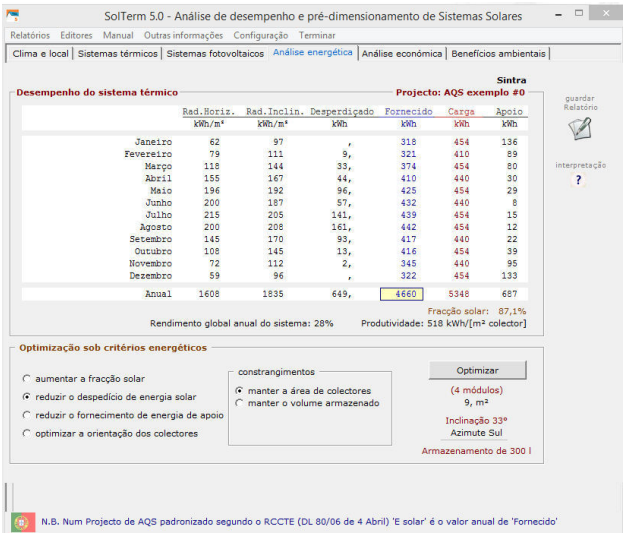


Figura 70 - Análise energética (SolTerm)

Este sistema apresente uma energia solar fornecida de 4660 kWh.

O custo de investimento estimado para esta medida de melhoria será aproximadamente 3000€, para uma redução anual da fatura energética de 622.78€ e período de retorno simples do investimento de 4.82 anos.

A implementação isolada desta medida de melhoria permite obter os seguintes valores:

- N_{tc} = 92.19
- N_t = 83.93
- R=1.10 → Classe energética C.

Todas as medidas de melhoria

O custo de investimento estimado para todas medidas de melhoria será de 9097.90€, para uma redução anual da fatura energética de 1424.96€ e período de retorno simples do investimento de 6.38 anos.

A implementação isolada desta medida de melhoria permite obter os seguintes valores:

- N_{tc} = 55.27
- N_t = 83.93
- R=0.66 → Classe energética B.

5.3. Ensaio acústico

5.3.1. Descrição do edifício e compartimentos críticos

Os edifícios onde foram realizados os ensaios acústicos, situam se na Rua de Serralves, Bloco 1 a 8, Porto. São compostos por seis blocos familiares, um de comércio e outro misto.

Os Blocos 1 a 6, constituídos por r/c mais 6 andares, são destinados a habitação e semelhantes entre si, constituídos por 11 habitações cada um, com 4 T3, 6 T4 e um T4 Duplex. Têm 2 pisos abaixo do solo para lugares de estacionamento e arrumos.

O Bloco 7 é constituído por r/c mais 2 andares, também destinados a habitação e com espaços comerciais ou serviços, lugares de garagem e arrumos ao nível do R/C. As habitações são constituídas por 2 T3, 6 T2 e 4 espaços a definir.

O Bloco 8 é um espaço destinado a comércio ou serviços com r/c e mais um andar.

Figura 71 - Bloco 1

Figura 72 - Bloco 7

Figura 73 - Bloco 8

Foram realizados ensaios apenas no bloco 1, pois os restantes 5 apresentam as mesmas soluções construtivas e composição, de acordo com o critério de amostragem do LNEC, no bloco 7 misto e no bloco 8 destinado a comércio.

O Bloco 1 é composto por 7 pisos de habitação e os compartimentos críticos sujeitos a ensaios serão a sala e o quarto do 1º andar, pelo fato de serem divisões com bastante tempo de ocupação e com maior sensibilidade ao ruído por parte dos seus utilizadores.

No Bloco 7 existem dois casos distintos, habitação em contato com garagem, com comércio e com habitação superior. Portanto foi necessário avaliar o comportamento acústico de quartos e salas nestas condições.

No Bloco 8, edifício com 2 pisos, apenas existem duas salas não fechadas, uma em cada andar, sendo a do rés-do-chão sujeita à medição do isolamento a sons aéreos de fachadas e ao tempo de reverberação.

Figura 74 - Quarto tipo

Figura 75 - Sala tipo

5.3.2. Ensaios acústicos realizados

Ao observar a arquitetura, compartimentos e a envolvente dos blocos, conclui-se que era necessário realizar os seguintes ensaios:

- Medição In Situ do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas:
    - Quarto 1º andar (Bloco 1) virado para a rua;
    - Sala 1º andar (bloco 1) virada para uma ribeira;
    - Quarto 1º andar (Bloco 7) virado para rua interior do condomínio;
    - Comércio Rés–do-chão (Bloco 7) virado para rua interior do condomínio;
    - Comércio Rés–do-chão (Bloco 8) virado para a rua.

- Medição In Situ do isolamento sonoro a sons aéreos:
    - Sala e Quarto, 1º andar – Sala e Quarto, 2º andar (Bloco 1);
    - Sala e Quarto, 2º andar – Sala e Quarto, 1º andar (Bloco 1);
    - Garagem – Quarto, 1º andar nascente (Bloco 7);
    - Comércio – Quarto, 1º andar nascente (Bloco 7);
    - Quarto, 1º andar poente – Quarto, 1º andar nascente (Bloco 7).

- Medição In Situ do isolamento sonoro a sons de percussão:
    - Sala e Quarto, 1º andar – Sala e Quarto, 2º andar (Bloco 1);
    - Sala e Quarto, 2º andar – Sala e Quarto, 1º andar (Bloco 1);
    - Garagem – Quarto, 1º andar nascente (Bloco 7);
    - Comércio – Quarto, 1º andar nascente (Bloco 7);
    - Quarto, 1º andar Poente – Quarto, 1º andar Nascente (Bloco 7);

- Medição In Situ do tempo de reverberação:
    - Comércio, Rés-do-chão (Bloco 8).

Todas as medições efetuadas para a emissão deste relatório, seguiram o plano de amostragem preconizado pelo autor do parecer técnico.

5.3.3. Resultados obtidos

Na tabela seguinte, é apresentado os resultados obtidos em casa ensaio efetuado.

Isolamento a Sons Aéreos de Fachada					
Local	Resultado do ensaio	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar	Limite regulamentar dB		Conformidade
	D2m,nT,w (C;Ctr) (dB)	D2m,nT,w + (C ou Ctr)(1)+I(2) (dB)	Zona Sensível	Zona Mista	
Comércio r/c (Bloco 8)	33(-2;-3)	33+0+3=36	-	30	Conforme
Sala 1º andar (Bloco 1)	38(-1;-2)	38+0+3=41	33	33	Conforme
Quarto 1º andar (Bloco 1)	34(-1;-3)	34+0+3=37	33	33	Conforme
Quarto 1º andar (Bloco 7)	39(-1;-3)	39+0+3=42	33	33	Conforme
Comércio r/c (Bloco 7)	35(-2;-3)	35+0+3=38	-	30	Conforme

Tabela 27 - Resultados dos ensaios aéreos de fachada

Isolamento a Sons Aéreos entre compartimentos interiores					
Emissor	Recetor	Resultado do ensaio	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar	Limite regulamentar	Conformidade
		DnT,w (C;Ctr) (dB)	DnT,w +I(2) (dB)	dB	
Sala Bloco 1 Inferior	Sala Bloco 1 Superior	52(-1;-5)	52+3=55	50	Conforme

Quarto Bloco 1 Inferior	Quarto Bloco 1 Superior	52(-1;-5)	52+3=55	50	Conforme
Quarto Bloco 1 Superior	Quarto Bloco 1 Inferior	53(-1;-5)	53+3=56	50	Conforme
Sala Bloco 1 Superior	Sala Bloco 1 Inferior	54(-1;-5)	54+3=57	50	Conforme
Garagem comum	Quarto 1º andar Bloco 7	58(-1;-5)	58+3=61	50	Conforme
Comércio	Quarto 1º andar Bloco 7	58(-1;-5)	58+3=61	50	Conforme
Quarto 1º andar Bloco 7 (Poente)	Quarto 1º andar Bloco 7 (Nascente)	56(-1;-5)	56+3=59	50	Conforme

Tabela 28 – Resultados dos ensaios a sons aéreos entre compartimentos interiores

Isolamento a Sons de Percussão					
Emissor	Recetor	Resultado do ensaio	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar	Limite regulamentar	Conformidade
		L'nT,w(Ci)(dB)	L'nT,w(Ci)-I(3) (dB)	dB	
Sala Bloco 1 Inferior	Sala Bloco 1 Superior	47	47-3=44	60	Conforme
Quarto Bloco 1 Inferior	Quarto Bloco 1 Superior	50	50-3=47	60	Conforme
Quarto Bloco 1 Superior	Quarto Bloco 1 Inferior	57	57-3=54	60	Conforme

Sala Bloco 1 Superior	Sala Bloco 1 Inferior	56	56-3=53	60	Conforme
Garagem comum	Quarto 1º andar Bloco 7	49	49-3=46	60	Conforme
Comércio	Quarto 1º andar Bloco 7	49	49-3=46	50	Conforme
Quarto 1º andar Bloco 7 (Poente)	Quarto 1º andar Bloco 7 (Nascente)	47	47-3=44	60	Conforme

Tabela 29 - Resultados dos ensaios a sons de percussão

Tempo de Reverberação				
Local	Resultado do ensaio	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar	Limite regulamentar	Conformidade
	Tr (s)	Tr-I(4) (s)	$T \leq 0,15V^{1/3}$ (s)	
Comércio Rés–do-chão (Bloco 8)	1,36	1,36-0,25x1,32=1,03	1,32	Conforme

Tabela 30 - Resultado do ensaio ao tempo de reverberação

(1) A área de envidraçados da fachada é inferior a 60% da fachada, e o ruído de fundo predominante trafego rodoviário, tendo sido utilizado o termo de adaptação espectral C.

(2) I=3 dB, de acordo com a alínea i) do n.º 5 do Art.º 5.º do Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.

(3) I=3 dB, de acordo com a alínea ii) do n.º 5 do Art.º 5.º do Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.

(4) I=25% do limite regulamentar, de acordo com a alínea d) do nº5 do Art.º6 do Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.

Termo de adaptação, C ou Ctr, correção definida na EN ISO 717 -1, função das características espectrais do ruído na emissão, a anexar ao índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

5.3.4. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, e constantes nos quadros acima referenciados, os ensaios efetuados cumprem os requisitos de Isolamento sonoro a sons de percussão, Isolamento a sons de condução aérea, Isolamento a sons de condução aérea de fachadas e tempo de reverberação, para zonas mistas ou sensíveis, do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio, com a republicação dada pelo Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.

5.3.5. Relatório acústico

O relatório acústico, disponível nos anexos, apresenta a conformidade regulamentar de acordo com o *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*, Decreto-lei nº 96/2008 de 9 de Junho, especificamente os pontos descritos no Artigo 5º Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras e Artigo 6º Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais.

6. Restante trabalho realizado

6.1. Certificação energética

Ao longo do meu estágio na empresa ASL e Associados, realizei 95 certificados de edifícios existentes como moradias e apartamentos e 3 com base em Documentos de Conformidade Regulamentar (DCR).

Apesar de serem documentos distintos, a DCR e o CE têm aproximadamente o mesmo conteúdo, tendo algumas diferenças ao nível da sua apresentação final. Sucintamente, a DCR contém informações provisórias, dado que esta é baseada em dados do projeto que poderão não vir a ser concretizados, por isso tiver que verificar e comparar todos os elementos que ditam a classe energética na DCR com a vistoria feita ao imóvel.

Por outro lado, o Certificado Energético é baseado em dados definitivos de um edifício recém-construído ou já existente.

Para obtenção das informações necessárias à elaboração de certificados de edifícios de habitação e de serviço existentes, realizei 51 vistorias aos respetivos imóveis, como apartamentos, moradias e frações destinadas a comércio como cafés, restaurantes e clinicas.

Em meados de Junho, realizei uma formação online da nova folha da ITeCons que permite exportar todos os cálculos e descrições resultantes da elaboração de um certificado diretamente para o portal da ADENE, através da conversão da folha para o formato XML. A partir desta formação usei esta nova folha em várias emissões de certificados.

6.2. Acústica de edifícios

Como a empresa detêm um laboratório acreditado de acústica, acompanhei e auxiliei vários ensaios acústicos a edifícios de habitação e comércio durante o estágio curricular, desenvolvendo no final o respetivo relatório. Aproximando do final do estágio, por necessidade e por confiança por parte da empresa na minha capacidade de os executar sozinho, sem a orientação do Engº e Técnico do laboratório Ricardo Duarte, realizei 3 ensaios e relatórios acústicos sozinho de 2 moradias no Porto e de um edifício multifamiliar em Lisboa.

De seguida, é feito uma síntese dos ensaios efetuados:

1. Ensaio no dia 18-02-2014

Ensaio acústico de uma habitação situada na Rua da Alegria, Porto. Foram realizados ensaios a sons aéreos e a sons de percussão entre a garagem e a fração em causa e entre frações vizinhas.
Já na empresa, acompanhei a elaboração do relatório conforme o exigido, com a apresentação dos resultados obtidos.

Garagem

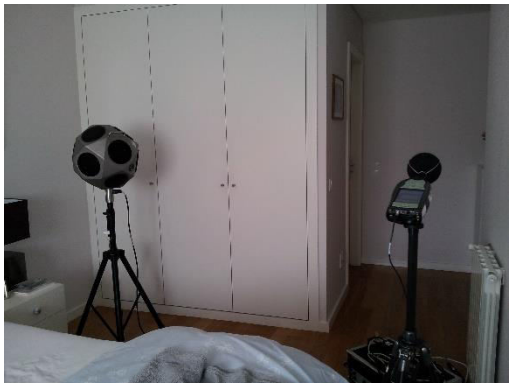
Sala tipo

2. Ensaio no dia 20-03-2014

Ensaios efetuados por solicitação do condomínio para verificação das soluções construtivas:

- Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro.

Os ensaios foram efetuados nas frações 1ºdir tras, 2ºdir tras e 2ºesq tras. As frações encontravam-se ocupadas e mobiladas com exceção do 2ºdir tras. As paredes e tetos são rebocados e pavimento em madeira com exceção da cozinha que é cerâmico.
No fim, os resultados obtido indicou nos que as soluções construtivas encontram se dentro do exigido regulamentar.



Quarto 1ºdir tras

Quarto 2ºdir tras

Sala 2ºdir tras

Sala 2ºesq tras

3. Ensaio no dia 16-04-2014

Ensaio acústico na Rua da Lapa, Lisboa. O condomínio em causa tinha 5 frações, sendo 2 destas do tipo duplex. Os ensaios foram efetuados na garagem, nas frações do 1º e 2º andar, nos quartos e salas do duplex nascente e poente. As frações encontravam-se desocupadas e não mobiladas. As paredes são rebocadas, teto falso e pavimento em madeira com exceção da cozinha que é cerâmico.

Ensaios efetuados para verificação das soluções construtivas:

- Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro.

Compartimento	**Área (m^2)**	**Pé-direito (m)**	**Volume (m^3)**
Garagem	3.7	2.4	3.7*2.4=8.88
Quarto 1º andar	23.56	3.51	23.56*3.51=82.7
Sala 2º andar	77.23	3.5	77.23*3.5=270.3
Sala duplex poente	39.55	2.51	39.55*2.51=99.3
Sala duplex nascente	45.22	2.51	45.22*2.51=113.5
Quarto duplex nascente	19.01	2.51	19.01*2.51=47.7
Quarto duplex poente	23.01	2.51	23.01*2.51=57.8

Tabela 31 -Características dos compartimentos ensaiados

Fachada do edifício

Quarto 1º andar

Sala do 2º andar

Fachada do Duplex Poente

Quarto Duplex Poente

Sala do duplex Poente

4. Ensaio no dia 17-04-2014

Ensaio realizado na Avenida Dr. Eduardo Torres, Matosinhos, num edifício com o rés-do-chão destinado a comércio e os restantes pisos a habitação.

Constituído por garagem, 5 lojas no rés-do-chão, e dois blocos de apartamentos, com dois T3 por piso, totalizando 16 frações de habitação. Edifício encontra-se terminado, tendo as suas frações desabitadas.

Foram realizados os seguintes ensaios:

5. Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
6. Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro. Método global com altifalante;
7. Medição do isolamento a sons de percussão e determinação do índice de isolamento sonoro;
8. Medição do tempo de reverberação;

Bloco 1

Bloco 2

Loja ensaiada

Sala Ensaiada (1º Esq.)

Quarto ensaiado (1º Esq.)

Sala Ensaiada (1º Dir.)

Quarto ensaiado (1º dir.)

7. Conclusões

O presente capítulo expõe as conclusões obtidas através do trabalho desenvolvido no âmbito de estágio, bem como a experiencia e competências adquiridas nesta área em questão.

No Projeto de Comportamento Térmico de edifícios de habitação, tive contato com várias etapas do seu projeto, tais como: análise do projeto de licenciamento, interação com o responsável pelo mesmo, elaboração das propostas de alteração das soluções construtivas, determinação da classe energética com base nos sistemas técnicos e soluções construtivas, emissão do devido pré-certificado e sugestão de medidas melhorias.

Na área da Certificação Energética de edifícios existentes, foram realizados dois tipos de certificados distintos ao nível da complexidade, o que em termos de âmbito encontra-se enquadrado como anterior ao DL80/2006 e DL78/2006, sendo este o primeiro e o trabalho que mais vezes desempenhei na empresa e o que se encontra abrangido pelos mesmos Decretos de Lei referido anteriormente.

Numa área diferente mas muito importante também, na Acústica de Edifícios, inicialmente acompanhei e auxiliei os vários ensaios acústicos que a empresa realizou a edifícios habitacionais e mistos, com a emissão do devido relatório acústico. Devido a necessidade e capacidade de realizar este tipo de trabalho sem acompanhamento, realizei três ensaios acústicos, um em Lisboa em que foi efetuada a medição do isolamento sonoro a sons aéreos a fachadas e entre compartimentos interiores e de percussão, os restantes no Porto em que apenas foi necessário a medição de isolamento sonoro entre fachadas.

Pessoalmente, a realização deste estágio curricular significou a minha primeira experiência de trabalho na área em que me licenciei e agora prestes a concluir o mestrado. Através do trabalho desenvolvido na empresa, coloquei à prova as minhas competências adquiridas ao longo do curso e obtive novos conhecimentos nas áreas referidas anteriormente. Assim futuramente, permite-me encarar novos projetos com uma maior preparação e capacidade.

8. Bibliografia

Documentos:

- NP EN ISO 140 – 4 (2009). Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos;
- NP EN ISO 717 – 1 (2009). Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea;
- Decreto-Lei n.º96/2008 de 9 de Junho, que aprova a primeira alteração ao Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE);
- Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios (ITE-50);
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH);
- Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios existentes;
- Adene (2011) - Agência para a Energia, Perguntas & Respostas sobre o RCCTE.

Sítios internet:

- http://www.itecons.uc.pt/;
- http://www.adene.pt/;
- http://www.lnec.pt/servicos/Eficiencia_Energetica;
- http://www.aslassociados.com;
- http://www.itecons.uc.pt/p3e.

Anexos

ANEXO I

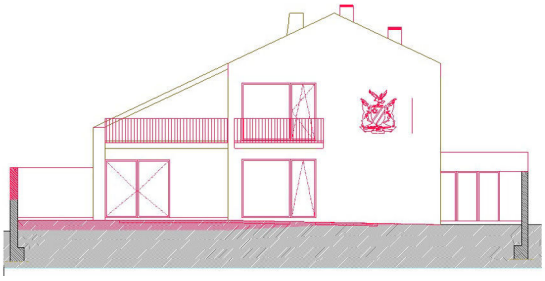
Pré-certificado energético do edifício de habitação sujeito a grande intervenção

Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS

Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação

TEMP90686736
Válido até



IDENTIFICAÇÃO POSTAL

Morada AVENIDA MARECHAL GOMES DA COSTA, 802,
Localidade PORTO
Freguesia LORDELO DO OURO
Concelho PORTO — GPS 41.158808, -8.664152

IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL

Conservatória do Registo Predial de PORTO
Nº de Inscrição na Conservatória 451
Artigo Matricial nº 3227 — Fração Autónoma

INFORMAÇÃO ADICIONAL

Área útil de Pavimento 363,00 m²

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obteria nas condições mínimas (com base em valores de referência) a que estão obrigados os edifícios novos. Obtenha mais informação sobre a certificação energética no site da ADENE em www.adene.pt

IMPRESSÃO DE TESTE (sem valor legal)

INDICADORES DE DESEMPENHO

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.

Aquecimento Ambiente

Referência:	32 kWh/m².ano
Edifício:	15 kWh/m².ano
Renovável	- %

53% MAIS eficiente que a referência

Arrefecimento Ambiente

Referência:	3,3 kWh/m².ano
Edifício:	3,1 kWh/m².ano
Renovável	- %

6% MAIS eficiente que a referência

Água Quente Sanitária

Referência:	12 kWh/m².ano
Edifício:	12 kWh/m².ano
Renovável	70 %

71% MAIS eficiente que a referência

CLASSE ENERGÉTICA

Mais eficiente

- A+ 0% a 25%
- A 26% a 50%
- B 51% a 75%
- B- 76% a 100%
- C 101% a 150%
- D 151% a 200%
- E 201% a 250%
- F Mais de 251%

Menos eficiente

Mínimo: Edifícios Novos

Mínimo: Grandes Intervenções

A 48%

ENERGIA RENOVÁVEL

Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.

28%

EMISSÕES DE CO_2

Emissões de CO_2 estimadas devido ao consumo de energia.

3 toneladas/ano

Entidade Gestora
ADENE AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora
Direcção Geral de Energia e Geologia

DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

O edifício será implantado num terreno confinado ao mesmo localizado em Matosinhos, zona climática I1/V2. O edifício contempla ao nível do piso 0 cozinha, copa, duas salas de estar, sala de jantar, um quarto, hall, duas instalações sanitárias, no piso 1 possui duas instalações sanitárias, cinco quartos, hall e desvão da cobertura considerado este último um espaço não útil. O acesso ao 1º andar é realizado através de caixa de escadas e de elevador, sendo apenas considerado a última como espaço não útil. A fachada principal está orientada a Sudeste e o edifício está implantado a uma altitude de 56 m com uma distância à costa inferior a 5 km. O edifício apresenta uma inércia forte e ventilação mecânica.
Considerou-se que o edifício unifamiliar irá ter uma ocupação permanente durante todos os dias do ano e que o aquecimento da água vai ser feito recorrendo a paneis solares ligados a um depósito de acumulação solar de 300L de capacidade com apoio de uma resistência elétrica.
Para o sistema de aquecimento e arrefecimento do ambiente estão previstos dois sistemas centralizados (VRV) (unidade exterior e unidades interiores). As unidades exteriores serão do tipo expansão directa, da marca DAIKIN, modelo RXYSQ, série P, de Volume de Refrigerante Variável (V.R.V.), da série INVERTER, Bomba de Calor, própria para a montagem no exterior, e instalada no local assinalado nas peças desenhadas do projecto de mecânicas.

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO

Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros factores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	Descrição das Principais Soluções	Classificação
PAREDES	Parede dupla com isolamento termico pelo exterior	★★★★★
	Parede dupla com isolamento termico pelo exterior	★★★★★
COBERTURAS	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
PAVIMENTOS	Pavimento em contacto com o solo sem isolamento térmico	★★★★★
JANELAS	Janela Simples com Caixilharia metálica com corte térmico com vidro duplo	★★★★★
	Janela Simples com Caixilharia metálica com corte térmico com vidro duplo	★★★★★

A classificação de janelas, inclui o contributo de eventuais dispositivos de oclusão noturna.

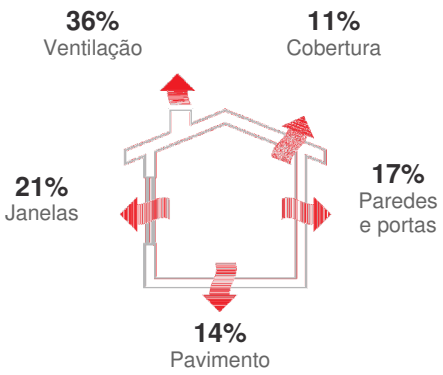
Pior ☆☆☆☆☆
Melhor ★★★★★

PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação apresentada, indica o contributo desses elementos, bem como, os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.

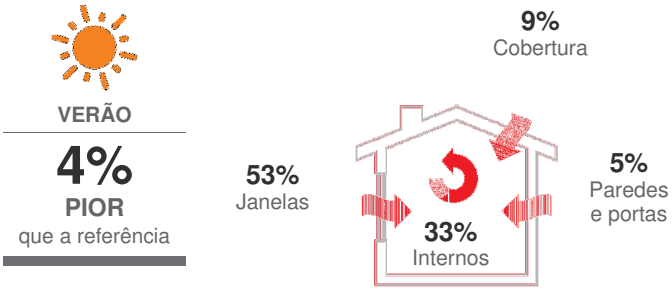
INVERNO

51%
MELHOR
que a referência



VERÃO

4%
PIOR
que a referência



PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos dos edifícios de habitação, com especial relevância para os equipamentos responsáveis pela produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. Neste sentido, é recomendável que sejam realizadas ações de manutenção e inspeção regulares a esses sistemas, por técnicos qualificados. Estas ações contribuem para manter os sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através de um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.

IMPRESSÃO DE TESTE
(sem validade legal)

DEFINIÇÕES

Energia Renovável - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

Emissões CO_2 - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

Valores de Referência - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

Condições Padrão - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior de 18ºC na estacão de aquecimento e 25ºC na estação de arrefecimento, bem como o aquecimento de uma determinada quantidade de água quente sanitária, em função da tipologia da habitação.

INFORMAÇÃO ADICIONAL

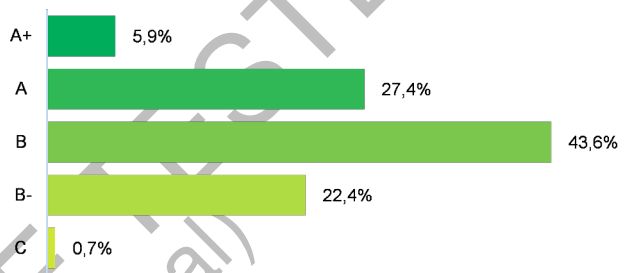
Tipo de Certificado Grande Intervenção

Nome do PQ ANTONIO CARDOSO MORAIS DOS SANTOS LESSA

Número do PQ PQ01356

Data de Emissão

Código do Ponto de Entrega de Consumo



Distribuição de classes energéticas relativas aos certificados emitidos no periodo compreendido entre dez-2013 a ago-2014 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação.

NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fração, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fração podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

IMPRESSÃO DE TESTE
(sem validade legal)

Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fração. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES

Sigla	Descrição	Valor / Referência
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano)	**27,1 / 54,9**
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano)	**9,5 / 9,1**
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	**4.160,0 / 4.160,0**
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	**487,0**
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	**3.014,0 / 3.014,0***
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	**0,0**
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh_{ep}/m^2.ano)	**57,7 / 119,1**

* respeitante à contribuição mínima a que estão sujeitos os edifícios novos ou grandes intervenções, quando aplicável

DADOS CLIMÁTICOS

Descrição	Valor
Altitude	**56 m**
Graus-dia (18º C)	**1189**
Temperatura média exterior (I / V)	**10,0 / 20,9 °C**
Zona Climática de inverno	**I1**
Zona Climática de verão	**V2**
Duração da estação de aquecimento	**6,1 meses**
Duração da estação de arrefecimento	**4,0 meses**

PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m².ºC] Solução	Referência	Máximo
Paredes				
Elemento tipo PE1: Parede exterior dupla de 53 cm de espessura, com isolamento pelo exterior, constituída (do interior para o exterior) por reboco de argamassa de cimento com 0,05m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,07 m de espessura e resistência térmica de 0,19 m2.ºC/W; caixa-de-ar não ventilada com uma espessura de 0,06m e uma resistência térmica de 0,18 m2.ºC/W; alvenaria em granito com uma espessura de 0,30m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.ºC); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado – EPS com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC), fixado na face exterior do pano de alvenaria, formando o sistema cappotto, areado e pintado com tinta plástica de cor clara.	22 75 N 60 28	0,49	0,50	1,75
Elemento tipo PI1: Parede interior existente para a caixa de elevadores em alvenaria simples de 27 cm de espessura, constituída (do interior para o espaço não útil) por placas de gesso cartonado com 0,013m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/m.ºC.; isolamento térmico/acústico de lã de rocha com 0,04m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/m.ºC.; alvenaria em granito com uma espessura de 0,22m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.ºC).	11,0	0,74	1,00	2,00
Elemento tipo PI2: Parede interior construída para caixa de elevadores em alvenaria simples de 20 cm de espessura com isolamento do lado do espaço útil, constituída (do interior para o espaço não útil) por placas de gesso cartonado com 0,013m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/m.ºC.; isolamento térmico/acústico de lã de rocha com 0,04m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,15 m de espessura e resistência térmica de 0,39 m2.ºC/W.	15,0	0,60	1,00	2,00

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

Elemento tipo PI3: Parede interior para desvão do telhado (1) em alvenaria simples de 18 cm de espessura com isolamento em espaço não útil, constituída (do interior para o espaço não útil) por reboco de argamassa de cimento com 0,02m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura e resistência térmica de 0,27 m2.ºC/W; isolamento térmico em poliestireno expandido moldado – EPS com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC), fixado na face exterior do pano de alvenaria, formando o sistema cappotto.	14,0	0,53	1,00	2,00
Elemento tipo PI4: Parede interior para zona técnica em alvenaria dupla de 53 cm de espessura, com isolamento pelo espaço não útil, constituída (do interior para o espaço não útil) por reboco de argamassa de cimento com 0,05m de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/m.ºC.; pano de alvenaria de tijolo furado com 0,07 m de espessura e resistência térmica de 0,19 m2.ºC/W; caixa-de-ar não ventilada com uma espessura de 0,06m e uma resistência térmica de 0,18 m2.ºC/W; alvenaria em granito com uma espessura de 0,30m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,80 W/(m.ºC); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado – EPS com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC), fixado na face exterior do pano de alvenaria, formando o sistema cappotto, areado e pintado com tinta plástica de cor clara.	10,0	0,47	0,50	1,75

Coberturas

Elemento tipo COBE1: Cobertura em terraço com 67 cm de espessura constituída por revestimento em microcimento de cor clara com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,33 W/(m.ºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(m.ºC); caixa-de-ar com 0,30 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.	22,0	0,45	0,40	1,25
Elemento tipo COBI1: Cobertura interior em contato com o desvão do telhado (1) e zona técnica (2) com 69 cm de espessura constituída por revestimento a definir; argamassa de enchimento de 0,07 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/(m.ºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(mºC);caixa-de-ar com 0,30 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.	34,0	0,46	0,80	1,65
Elemento tipo COBI3: Cobertura interior em contato com a zona técnica (1) com 66 cm de espessura constituída por revestimento em microcimento de cor clara com 0,05 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,33 W/(mºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(mºC); caixa-de-ar com 0,33 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.	22,0	0,44	0,40	1,65

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

Elemento tipo COBI2: Cobertura interior em contato com o desvão do telhado (2) com 63 cm de espessura constituída por reboco de 0,02 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/(mºC); laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas com 0,20 m de espessura e resistência térmica de 0,23 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,25 m2.ºC/W (fluxo descendente); estuque existente com 0,02m de espessura e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,30 W/(mºC); caixa-de-ar com 0,33 m de espessura e resistência térmica de 0,16 m2.ºC/W (fluxo ascendente) e 0,23 m2.ºC/W (fluxo descendente); isolamento térmico/acústico em lã de rocha com 0,06 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042 W/(m.ºC); teto falso em gesso cartonado com 0,013 m de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC) com massa volúmica aparente seca de 900 kg/m3.	134,0	0,46	0,40	1,25
Pavimentos				
Elemento tipo PAVT1: Pavimento térreo com 20 cm de espessura, constituído por revestimento em pedra travertino com uma espessura de 0,05m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,10 W/(mºC); camada de betonilha com uma espessura de 0,15m e condutibilidade térmica de 0,33 W/(mºC).	219,2	0,47	0,50	-

* Menores valores representam soluções mais eficientes.

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coef. de Transmissão Térmica* [W/m².ºC] Solução	Coef. de Transmissão Térmica* [W/m².ºC] Referência	Fator Solar Vidro	Fator Solar Global
Envidraçado vertical VE1 e VE4: caixilharia (vertical) em alumínio com corte térmico, sem quadrícula; de abrir ou fixas; vidro duplo NEUTRALUX®-S 6 mm / câmara 12 mm AR / NEUTRALUX® 4 mm incolor. Sem proteção solar.	2.0 9.8 N	1,73	2,90	0,47	0,47
Envidraçado vertical VE2,3,5-23: caixilharia (vertical) em alumínio com corte térmico, sem quadrícula; de abrir ou fixas; vidro duplo FLOAT 6 mm / câmara 12 mm AR / NEUTRALUX® 4 mm incolor. Proteção solar interior com cortina ligeiramente transparente (telas screen) de cor clara.	6.0 13 N 35 20	1,73	2,90	0,57	0,29

* Menores valores representam soluções mais eficientes.

SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Produção de Energia [kWh/ano]	Área total [m²]	Produtividade* [kWh/m².coletor] Solução	Produtividade* [kWh/m².coletor] Ref.
Painel solar térmico					
Considerou-se que o edifício unifamiliar irá ter uma ocupação permanente durante todos os dias do ano e que o aquecimento da água vai ser feito recorrendo a paneis solares ligados a um depósito de acumulação solar de 300L de capacidade com apoio de uma resistência elétrica. Sistema composto por 2 coletores Vulcano WarmSun FKC com uma área total de 4,50 m2, fornecendo anualmente 3014 kWh e um depósito da mesma marca de 300L. O conjunto forma um sistema completo, integrando suportes, tubagens e controladores próprios e montado orientado a Sudoeste, sobre a cobertura inclinada com uma inclinação de 25 graus. Os painéis estão interligados a um termoacumulador localizado na zona técnica (2), da marca Vulcano modelo "NaturaAqua" com potência térmica nominal de 3 KW e eficiência de 90%, com fonte de energia a eletricidade. Prevê-se um isolamento adequado das condutas com o mínimo de 10mm de espuma elastomérica. Os coletores devem ser certificados, instalados por um instalador acreditado e certificado junto da Direcç		3.014,00	4,50	669,78	580,65

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Desempenho Nominal* Solução	Desempenho Nominal* Ref.
VRF					
Para o sistema de aquecimento e arrefecimento do ambiente estão previstos dois sistemas centralizados (VRV) (unidade exterior e unidades interiores). As unidades exteriores serão do tipo expansão directa, da marca DAIKIN, modelo RXYSQ, série P, de Volume de Refrigerante Variável (V.R.V.), da série INVERTER, Bomba de Calor, própria para a montagem no exterior, e instalada no local assinalado nas peças desenhadas do projecto de mecânicas.	Aquecimento Ambiente	1.549,59	18,00	3,80	3,20
Deverá ainda cumprir com o expresso na lista de instruções de instalação para VRV III, dos manuais de Instruções e de Serviço da DAIKIN, constantes no SiE39-302. As unidades interiores são do tipo de conduta de média pressão estática. A insuflação/retorno ás unidades será através de plenum que liga a fendas realizadas no teto falso conforme representado nas peças desenhadas de mecânicas.	Arrefecimento Ambiente	624,31	15,50	3,30	2,80

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Perdas estáticas Solução	Perdas estáticas Máximo
Termoacumulador					
Os painéis estão interligados a um termoacumulador localizado na zona técnica (2), da marca Vulcano modelo "NaturaAqua" com potência térmica nominal de 3 KW e eficiência de 90%, com fonte de energia a eletricidade.	Água Quente Sanitária	1.273,61	3,00	2,50	2,50

*Valores menores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Taxa nominal de renovação de ar (h^{-1}) Solução	Taxa nominal de renovação de ar (h^{-1}) Mínimo
Ventilação			
A renovação do ar interior no imóvel processa-se de forma mecânica. Para efeitos de determinação da respectiva taxa de ventilação, considerado-se que o imóvel se encontra a uma distância inferior a 5 km da costa e está implantado na periferia de uma zona urbana ou zona rural.	Ventilação e Extração	0,81	0,81

Aquecimento Ambiente · Arrefecimento Ambiente · Água Quente Sanitária · Produção de Energia · Ventilação e Extração

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

ANEXO II

Cálculo da inércia térmica

EL1 - Elemento da envolvente exterior

Paredes exteriores	Area (m²)	Massa total (kg/m2)	Msi	r	A*Msi*r	
PE1	78.39		150.00	1.00	11759.10	*ITE12, pag II.5
PE1	22.04		150.00	1.00	3306.30	
PE1	60.28		150.00	1.00	9041.77	
PE1	28.24		150.00	1.00	4235.82	
					28342.99	

Coberturas exteriores	Area (m²)	Massa total (kg/m2)	Msi	r	A*Msi*r
COBE1	21.63		19.50	1.00	421.79
				Total	421.79

EL1 - Elemento de construção em contacto com outra fracção autónoma ou com espaços não úteis

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Area (m²)	Massa total (kg/m2)	Msi	r	A*Msi*r	
PI1	11.26		19.50	1.00	219.49	*ITE12, pág. II.6
PI2	14.52		19.50	1.00	283.14	
PI3	14.35		150.00	1.00	2152.80	
PI4	9.86		150.00	1.00	1479.60	
				Total	4135.03	

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Area (m²)	Massa total	Msi	r	A*Msi*r
COBI1	33.58		19.50	1.00	654.81
COBI2	134.16		19.50	1.00	2616.02
COBI3	21.86		19.50	1.00	426.27
				Total	3697.10

EL3 -Elementos Interiores

Descrição	Area (m²)	Massa total (kg/m2)	Msi	r	A*Msi*r	
PAVPISO1	143.83		300.00	1.00	43149.00	* ITE12, pag II.5
PARDIV	217.68		150.00	1.00	32652.00	
				Total	75801.00	

EL2 -Elementos em contacto com o solo

Descrição	Area (m²)	Massa total (kg/m2)	Msi	r	A*Msi*r	
PAVT1	219.17		150.00	1.00	32875.50	* ITE12, pag II.5
				Total	32875.50	

r factor de correcção

ÀREA 363.00

Inércia Térmica

It 400.20 → **Forte**

ANEXO III

Certificado energético do edifício de habitação existente

Certificação Energética e Ar Interior
EDIFÍCIOS

Certificado Energético

Edifício de Habitação

TEMP90682732
Válido até

IDENTIFICAÇÃO POSTAL

Morada RUA MORGADINHA DOS CANAVIAIS, 7,
Localidade COLARES
Freguesia COLARES
Concelho SINTRA — GPS 38.810580, -9.456811

IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL

2 ª Conservatória do Registo Predial de SINTRA
Nº de Inscrição na Conservatória 6485
Artigo Matricial nº 2315 — Fração Autónoma

INFORMAÇÃO ADICIONAL

Área útil de Pavimento 226,33 m²

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obteria nas condições mínimas (com base em valores de referência) a que estão obrigados os edifícios novos. Obtenha mais informação sobre a certificação energética no site da ADENE em www.adene.pt

INDICADORES DE DESEMPENHO

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.

Aquecimento Ambiente

Referência:	49 kWh/m².ano
Edifício:	92 kWh/m².ano
Renovável	- %

89% MENOS eficiente que a referência

Arrefecimento Ambiente

Referência:	5,5 kWh/m².ano
Edifício:	- kWh/m².ano
Renovável	- %

100% MAIS eficiente que a referência

Água Quente Sanitária

Referência:	21 kWh/m².ano
Edifício:	29 kWh/m².ano
Renovável	- %

34% MENOS eficiente que a referência

CLASSE ENERGÉTICA

Mais eficiente

- A+ 0% a 25%
- A 26% a 50%
- B 51% a 75%
- B- 76% a 100%
- C 101% a 150%
- D 151% a 200%
- E 201% a 250%
- F Mais de 251%

Menos eficiente

Mínimo: Edifícios Novos — C
Mínimo: Grandes Intervenções — 144%

ENERGIA RENOVÁVEL

Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.

0%

EMISSÕES DE CO_2

Emissões de CO_2 estimadas devido ao consumo de energia.

7,3 toneladas/ano

IMPRESSÃO DE TESTE (sem valor legal)

Entidade Gestora
ADENE AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora
Direcção Geral de Energia e Geologia

DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

Edifício unifamiliar composto por Rés-do-chão e 1º andar, localizado na Rua Morgadinha dos Canivias, Sintra, numa zona não abastecida por gás natural. Está inserido na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural, implantado a uma altitude de 25m, com uma distância à costa inferior a 5 km, em zona climática de inverno I1 e de Verão V3. O edifício é de tipologia T6, tem fachada principal orientada a Noroeste, é constituído(a) por Sala, cozinha, copa, seis quartos, três instalações sanitárias e circulação interior. O edifício confronta abaixo com solo, acima com desvão ventilado e lateralmente com exterior. O edifício apresenta inércia térmica média e ventilação Natural. Não existe sistema de arrefecimento instalado. A preparação de águas quentes sanitárias e o aquecimento da fracção são efectuados por um(a) caldeira a gasóleo com idade posterior a 1995.

COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO

Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros factores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	Descrição das Principais Soluções	Classificação
PAREDES	Parede simples ou duplas rebocadas (posterior a 1960)	★★☆☆☆
	Parede simples ou duplas rebocadas (posterior a 1960)	★☆☆☆☆
COBERTURAS	Cobertura horizontal sem isolamento térmico	☆☆☆☆☆
PAVIMENTOS	Pavimento em contacto com o solo sem isolamento térmico	★☆☆☆☆
	Pavimento interior sem isolamento térmico	☆☆☆☆☆
JANELAS	Janela Simples com Caixilharia metálica sem corte térmico com vidro duplo	★★★★★

Soluções sem isolamento, referem-se a soluções onde não existe isolamento térmico ou que não foi possível comprovar a sua existência.
A classificação de janelas, inclui o contributo de eventuais dispositivos de oclusão noturna.

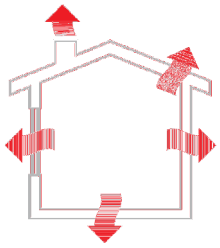
Pior ☆☆☆☆☆
Melhor ★★★★★

PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação apresentada, indica o contributo desses elementos, bem como, os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.

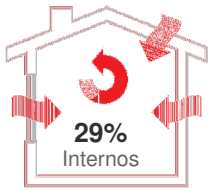
INVERNO

56%
PIOR
que a referência



VERÃO

28%
MELHOR
que a referência



IMPRESSÃO DE TESTE
(sem validade legal)

PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

As medidas propostas foram identificadas pelo Perito Qualificado e têm como objectivo a melhoria do desempenho energético do edifício. A implementação destas medidas, para além de reduzir a fatura energética anual, poderá contribuir para uma melhoria na classificação energética.

Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medida)
1		Aplicação de isolamento térmico na cobertura horizontal	4.198€	até 436€	B-
2		Instalação de sistema solar térmico individual	3.000€	até 623€	C
3		Substituição do equipamento atual e/ou instalação de caldeira de condensação para preparação de águas quentes sanitárias	1.900€	até 614€	B-

CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

1 + 2 + 3

Representa o impacto a nível financeiro e do desempenho energético na habitação, que este conjunto de medidas de melhoria terá, se for implementado.

9.098€	até 1.425€	B
CUSTO TOTAL ESTIMADO DO INVESTIMENTO	REDUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA FATURA	CLASSE ENERGÉTICA APÓS MEDIDA

RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos dos edifícios de habitação, com especial relevância para os equipamentos responsáveis pela produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. Neste sentido, é recomendável que sejam realizadas ações de manutenção e inspeção regulares a esses sistemas, por técnicos qualificados. Estas ações contribuem para manter os sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através de um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

DEFINIÇÕES

Energia Renovável - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

Emissões CO_2 - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

Valores de Referência - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

Condições Padrão - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior de 18ºC na estacão de aquecimento e 25ºC na estação de arrefecimento, bem como o aquecimento de uma determinada quantidade de água quente sanitária, em função da tipologia da habitação.

INFORMAÇÃO ADICIONAL

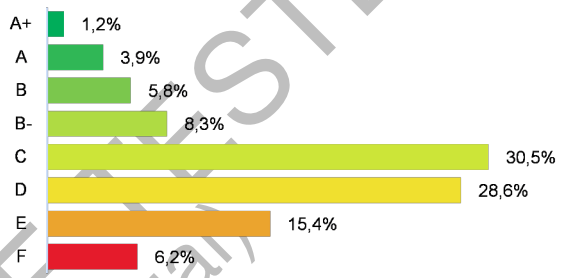
Tipo de Certificado Existente

Nome do PQ ANTONIO CARDOSO MORAIS DOS SANTOS LESSA

Número do PQ PQ01356

Data de Emissão

Código do Ponto de Entrega de Consumo



Distribuição de classes energéticas relativas aos certificados emitidos no periodo compreendido entre dez-2013 a ago-2014 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação.

NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fração, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fração podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

IMPRESSÃO DE TESTE
(sem validade legal)

Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fração. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES

Sigla	Descrição	Valor / Referência
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano)	**65,7 / 42,0**
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano)	**11,1 / 15,4**
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	**4.160,0 / 4.160,0**
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	**0,0**
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	**0,0 / 0,0***
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	**0,0**
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh_{ep}/m².ano)	**120,8 / 83,9**

* respeitante à contribuição mínima a que estão sujeitos os edifícios novos ou grandes intervenções, quando aplicável

DADOS CLIMÁTICOS

Descrição	Valor
Altitude	**25 m**
Graus-dia (18º C)	**928**
Temperatura média exterior (I / V)	**11,0 / 22,5 °C**
Zona Climática de inverno	**I1**
Zona Climática de verão	**V3**
Duração da estação de aquecimento	**5,0 meses**
Duração da estação de arrefecimento	**4,0 meses**

PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m².ºC] Solução	Referência	Máximo
Paredes				
PE1: Parede exterior orientada a NO;SE;NE;SO em alvenaria tijolo furado ou bloco, com uma espessura total de 0,4 m, com revestimento interior em Reboco, com espessura(s) espectável(eis) corrente(s), e exterior em Reboco de cor clara, com espessura(s) espectável(eis) corrente(s) (parede posterior a 1960). Foi utilizado no cálculo efectuado, o coeficiente de transmissão térmica superficial corrigido, segundo a metodologia de cálculo para certificação energética de edifícios existentes. Esta correcção baseia-se na majoração de U em 35% para colmatar as pontes térmicas planas. Não foi possível aferir a existência de isolamento térmico.	31 39 N 59 40	0,96	0,50	-
PE2: Parede exterior orientada a NO;SE;NE;SO em alvenaria tijolo furado ou bloco, com uma espessura total de 0,25 m, com revestimento interior em Reboco, com espessura(s) espectável(eis) corrente(s), e exterior em Reboco de cor clara, com espessura(s) espectável(eis) corrente(s) (parede posterior a 1960). Foi utilizado no cálculo efectuado, o coeficiente de transmissão térmica superficial corrigido, segundo a metodologia de cálculo para certificação energética de edifícios existentes. Esta correcção baseia-se na majoração de U em 35% para colmatar as pontes térmicas planas. Não foi possível aferir a existência de isolamento térmico.	10 29 N 8.7	1,30	0,50	-
PI1: Parede interior, em alvenaria tijolo furado ou bloco, em contacto com zona de circulação comum, com uma espessura total de 0,25 m, com revestimento interior em Reboco, com espessura(s) espectável(eis) corrente(s), e pelo espaço não útil em Reboco, com espessura(s) espectável(eis) corrente(s), (parede posterior a 1960). Foi utilizado no cálculo efectuado, o coeficiente de transmissão térmica superficial corrigido, segundo a metodologia de cálculo para certificação energética de edifícios existentes. Esta correcção baseia-se na majoração de U em 35% para colmatar as pontes térmicas planas. Não foi possível aferir a existência de isolamento térmico.	10,0	1,47	0,50	-
Coberturas				
COBI1: Cobertura interior do tipo pesada horizontal, em contacto com desvão ventilado, revestida pelo espaço útil através de Reboco, espessura(s) espectável(eis) corrente(s). Não foi possível aferir a existência de isolamento térmico e a espessura da laje é desconhecida.	120,0	2,25	0,40	-
Pavimentos				

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

PAV1: Pavimento interior do tipo pesado em contacto com o solo, revestido pelo interior através de Madeira e Cerâmico, espessura(s) espectável(eis) corrente(s). Não foi possível aferir a existência de isolamento térmico e a espessura é desconhecida.	123,4	1,00	0,50	-
PAVI1: Pavimento interior do tipo pesado, em contacto com arrumos, constituído por laje aligeirada de abobadilha cerâmica e vigotas pré-esforçadas, revestido pelo interior através de Madeira, espessura(s) espectável(eis) corrente(s). Não foi possível aferir a existência de isolamento térmico e a espessura da laje é desconhecida.	2,0	2,21	0,40	-

* Menores valores representam soluções mais eficientes.

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coef. de Transmissão Térmica* [W/m².ºC]		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Envidraçado VE1-VE20: Vão simples inserido na fachada NO;SE;NE;SO com caixilharia em PVC, de abrir, sem classificação de permeabilidade ao ar, constituído por vidro duplo com 6mm de caixa de ar e protecção solar exterior em portadas de alumínio de cor escura, sendo o coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2.70 W/(m².°C). protecção solar exterior em portadas de alumínio de cor escura	11 3.1 N 9.1 5.8	2,70	2,90	0,85	0,09

* Menores valores representam soluções mais eficientes.

SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Desempenho Nominal*	
				Solução	Ref.
Caldeira					
Caldeira a gasóleo para preparação de águas quentes sanitárias e aquecimento da fracção, com idade posterior a 1995.		20.075,94	35,00	0,71	0,86
		6.487,72	35,00	0,64	0,86

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Taxa nominal de renovação de ar (h^{-1})	
		Solução	Mínimo
Ventilação			
A renovação do ar interior no imóvel processa-se de forma natural. Para efeitos de determinação da respectiva taxa de ventilação, foi considerado que o imóvel se encontra a uma distância inferior a 5 km da costa e está implantado periferia de uma zona urbana ou rural.		0,44	0,40

Aquecimento Ambiente · Arrefecimento Ambiente · Água Quente Sanitária · Produção de Energia · Ventilação e Extração

IMPRESSÃO DE TESTE (sem validade legal)

ANEXO IV

Relatório acústico de um edifício habitação e comércio

LAB. DE ENSAIOS ACÚSTICOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS ACÚSTICOS PARA LICENCIAMENTO

SACHE - COOPERATIVA DE HABITAÇÃO

Rua de Serralves, Bloco 1 a 8, Porto

Relatório 0131-RL-RBD-00

L0612
Ensaios

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra, com a autorização escrita do laboratório da ASL.

REQUERENTE Nome Endereço	 Sache – Cooperativa de Habitação Rua das Andresas, 324 Sala 02 4100-051 Porto
TIPO DE EDIFICIO	Habitação e serviços
CARACTERIZAÇÃO DO EDIFICIO	Edifícios multifamiliares e de serviços, divididos por 8 blocos. Blocos 1 a 6, R/C + 6 andares, destinados a habitação e semelhantes entre si, constituídos por 11 habitações cada um, com 4 T3, 6 T4 e um T4 Duplex. Têm 2 pisos abaixo do solo para lugares de estacionamento e arrumos. O Bloco 7, R/C + 2 andares, também destinados a habitação e com espaços comerciais ou serviços, lugares de garagem e arrumos ao nível do R/C. São constituídos por 2 T3, 6 T2 e 4 espaços a definir. O Bloco 8 é um espaço destinado a comércio ou serviços.
ENSAIOS EFECTUADOS/ LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	

<u>Elementos de construção</u>

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 717-1:2009 Nota 3 do Regulamento LNEC
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro. Método global com altifalante	NP EN ISO 140-5:2009 NP EN ISO 717-1:2009 Nota 3 do Regulamento LNEC
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: 2009 Nota 3 do Regulamento LNEC

<u>Recintos fechados</u>

Medição do tempo de reverberação Método da fonte interrompida.	NP EN ISO 3382-2:2011

LOCAL DOS ENSAIOS	Rua de Serralves, Bloco 1 a 8, Porto
DATA | HORA	28 de Fevereiro de 2014 | 9h30
PLANO DE AMOSTRAGEM	As medições efetuadas para a emissão deste relatório, seguiram o plano de amostragem preconizado pelo autor do parecer técnico.

Equipamentos e acessórios	Nº série	Fabricante / Marca	Modelo
LAB001 - Sonómetro Integrador	2717738	Brüel & Kjær	2250
LAB002 - Calibrador de campo sonoro livre	2714625	Brüel & Kjær	4231
LAB003 - Microfone	28770007	Brüel & Kjær	4189
LAB004 - Pré-amplificador	14055	Brüel & Kjær	ZC 0032
LAB005 - Fonte sonora omnidirecional	31005	Brüel & Kjær	Omnipower 4292
LAB006 - Amplificador de Potência	2688961	Brüel & Kjær	2716
LAB007 - Máquina de percussão	2683321	Brüel & Kjær	3207
LAB010 – Kit para transmissão sem fios	----------	AKG	WMS450
LAB011 – Mala de transporte amplificador	----------	Brüel & Kjær	358
LAB012 – Mala de transporte fonte sonora	----------	Brüel & Kjær	365
LAB013 – Tripé de fixação portátil	364	Brüel & Kjær	Gitzo
LAB014 – Tripé de fixação Fonte sonora	----------	Brüel & Kjær	364
LAB015 – Tripé de 4,20 m	----------	Walimex	Tripé Estúdio 420
LAB016 – Tripé de 0,50 m	3 601 K96 974	Bosh	BS150
LAB017 – Suporte de microfone	----------	Brüel & Kjær	Falcon UA-1317
LAB018 – Protetor de vento	----------	Brüel & Kjær	UA 1650
LAB019 – Cabo microfone ConnX High performance	----------	----------	AQ 0667
LAB020 – Cabos de ligação	----------	----------	AQ 0673
LAB021 – Cabo de extensão para microfone com 15m	AO-0441-d-150	Brüel & Kjær	lemo 10 pol
LAB022 – Proteção auditiva	----------	Bilson	Thunder T3
LAB023 – Extensão elétrica	----------	----------	----------
LAB024 – Máquina fotográfica	----------	----------	----------
LAB025 – Fita métrica	----------	Dexter 8M	----------
LAB026 – Transformador Máquina Percussão	60150-0000187	Spectris, Lda.	TR60M1562E13
LAB027 – Transformador Sonómetro	36150-0010134	Brüel & Kjær	TR36A-15
Pilhas AAA (suplentes)	----------	----------	----------

1 Disposições regulamentares

O presente relatório apresenta a conformidade regulamentar de acordo com o *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios,* Decreto-lei nº 96/2008 de 9 de Junho, especificamente os pontos descritos no Artigo 5º Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras e Artigo 6º Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais.

2. Resultados

Isolamento a Sons Aéreos de Fachada ---- Comércio - Rés – do-chão – Bloco 8				
Resultado do ensaio $D_{2m,nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{2m,nT,w}$ + (C ou C_{tr})$^{(1)}$+I$^{(2)}$ (dB)	Limite regulamentar dB		Conformidade
33(-2;-3)	33+0+3=36	30	Zona Mista	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos de Fachada ---- Sala 1º andar – Bloco 1				
Resultado do ensaio $D_{2m,nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{2m,nT,w}$ + (C ou C_{tr})$^{(1)}$+I$^{(2)}$ (dB)	Limite regulamentar dB		Conformidade
38(-1;-2)	38+0+3=41	33	Zona Mista	Conforme
38(-1;-2)	38+0+3=41	33	Zona Sensível	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos de Fachada ---- Quarto 1º andar – Bloco 1				
Resultado do ensaio $D_{2m,nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{2m,nT,w}$ + (C ou C_{tr})$^{(1)}$+I$^{(2)}$ (dB)	Limite regulamentar dB		Conformidade
34(-1;-3)	34+0+3=37	33	Zona Mista	Conforme
34(-1;-3)	34+0+3=37	33	Zona Sensível	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos de Fachada ---- Quarto 1º andar – Bloco 7 (nascente)				
Resultado do ensaio $D_{2m,nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{2m,nT,w}$ + (C ou C_{tr})$^{(1)}$+I$^{(2)}$ (dB)	Limite regulamentar dB		Conformidade
39(-1;-3)	39+0+3=42	33	Zona Mista	Conforme
39(-1;-3)	39+0+3=42	33	Zona Sensível	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos de Fachada ---- Comércio - Rés – do-chão – Bloco 7				
Resultado do ensaio $D_{2m,nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{2m,nT,w}$ + (C ou C_{tr})$^{(1)}$+I$^{(2)}$ (dB)	Limite regulamentar dB		Conformidade
35(-2;-3)	35+0+3=38	30	Zona Mista	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Sala Bloco 1 Inferior **– Receptor:** Sala Bloco 1 Superior			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I$^{(2)}$ (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
52(-1;-5)	52+3=55	50	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Quarto Bloco 1 Inferior **– Receptor:** Quarto Bloco 1 Superior			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I[2] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
52(-1;-5)	52+3=55	50	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Quarto Bloco 1 Superior **– Receptor:** Quarto Bloco 1 Inferior			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I[2] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
53(-1;-5)	53+3=56	50	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Sala Bloco 1 Superior **– Receptor:** Sala Bloco 1 Inferior			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I[2] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
54(-1;-5)	54+3=57	50	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Garagem comum **– Receptor:** Quarto 1º andar – Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I[2] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
58(-1;-5)	58+3=61	50	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Comercio **– Receptor:** Quarto 1º andar Dir.– Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I[2] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
58(-1;-5)	58+3=61	58	Conforme

Isolamento a Sons Aéreos---- Emissor: Quarto 1º andar– Bloco 7 (Poente) **– Receptor:** Quarto 1º andar Dir.– Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $D_{nT,w}$ (C;C_{tr}) (dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $D_{nT,w}$ +I[2] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
56(-1;-5)	56+3=59	50	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Sala Bloco 1 Inferior **– Receptor:** Sala Bloco 1 Superior			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
47	47-3=44	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Quarto Bloco 1 Inferior **– Receptor:** Quarto Bloco 1 Superior			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
50	50-3=47	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Quarto Bloco 1 Superior **– Receptor:** Quarto Bloco 1 Inferior			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
57	57-3=54	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Sala Bloco 1 Superior **– Receptor:** Sala Bloco 1 Inferior			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
56	56-3=53	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Garagem comum **– Receptor:** Quarto 1º andar – Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
49	49-3=46	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Quarto 1º andar– Bloco 7 (Poente) **– Receptor:** Quarto 1º andar Dir.– Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
47	47-3=44	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Quarto 1º andar– Bloco 7 (Poente) **– Receptor:** Quarto 1º andar Dir.– Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
47	47-3=44	60	Conforme

Isolamento a Sons de percussão ---- Emissor: Comércio **– Receptor:** Quarto 1º andar Dir.– Bloco 7 (nascente)			
Resultado do ensaio $L'_{nT,w}(C_i)$(dB)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar $L'_{nT,w}(C_i)$-I[3] (dB)	Limite regulamentar dB	Conformidade
49	49-3=46	50	Conforme

Tempo de Reverberação --------- Comércio - Rés – do-chão – Bloco 8			
Resultado do ensaio T_r (s)	Resultado do ensaio para comparação com o limite regulamentar T_r-I[4] (s)	Limite regulamentar $T \leq 0{,}15V^{1/3}$ (s)	Conformidade
1,36	1,36-0,25x1,32=1,03	1,32	Conforme

[1] A área de envidraçados da fachada é inferior a 60% da fachada, e o ruído de fundo predominante trafego rodoviário, tendo sido utilizado o termo de adaptação espectral C

[2] I=3 dB, de acordo com a alínea i) do n.º 5 do Art.º 5.º do Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho

[3] I=3 dB, de acordo com a alínea ii) do n.º 5 do Art.º 5.º do Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho

[4] I=25% do limite regulamentar, de acordo com a alínea d) do nº5 do Art.º6 do Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho

3. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, e constantes nos quadros acima referenciados, os ensaios efetuados **cumprem** os requisitos de **Isolamento sonoro a sons de percussão, Isolamento a sons de condução aérea, Isolamento a sons de condução aérea de fachadas e tempo de revereração,** para zonas mistas ou sensíveis, do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio, com a republicação dada pelo Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de Junho.

O Responsável Técnico,

_____
(Ricardo Duarte)

O Diretor do Laboratório,

_____
(Sónia Gomes)

4. Listagem de medições

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-5
Medição do isolamento sonoro de fachadas e de elementos de fachada

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

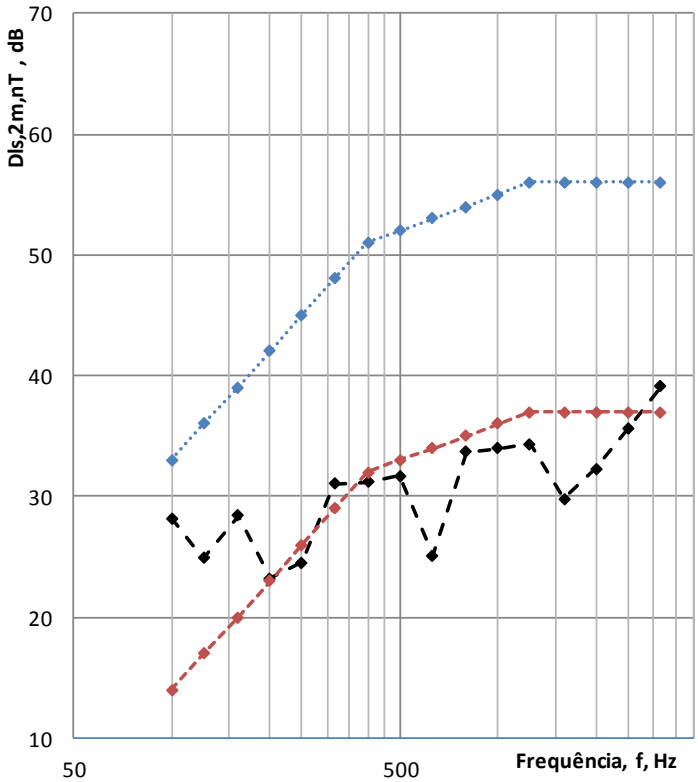
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 8 - Comércio- Rés-do-chão, vazio, com pav. Cerâmico
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. 4 Envidraçados de 1,0 x 2,0 m^2

Área da Fachada: 78
Volume do compartimento receptor: 689

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$D_{ls,2m,nT}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	28.2
125	24.9
160	28.4
200	23.2
250	24.5
315	31.0
400	31.2
500	31.7
630	25.1
800	33.7
1000	34.0
1250	34.3
1600	29.8
2000	32.3
2500	35.6
3150	39.1
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{ls,2m,nT,w}$(C,Ctr)= 33(-2;-3) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-5
Medição do isolamento sonoro de fachadas e de elementos de fachada

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

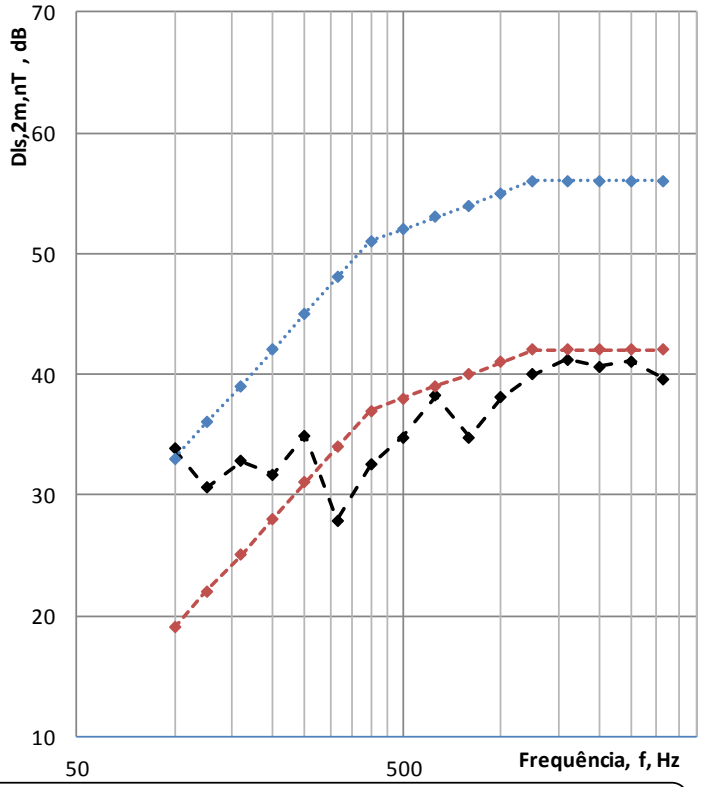
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1- Sala - 1º andar, vazia, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 2x1.2m2

Área da Fachada: 17
Volume do compartimento receptor: 122

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$D_{ls,2m,nT}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	33.8
125	30.6
160	32.8
200	31.7
250	34.9
315	27.9
400	32.5
500	34.8
630	38.2
800	34.8
1000	38.1
1250	40.0
1600	41.2
2000	40.6
2500	41.1
3150	39.6
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{ls,2m,nT,w}(C,Ctr)=$ 38(-1;-2) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-5
Medição do isolamento sonoro de fachadas e de elementos de fachada

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

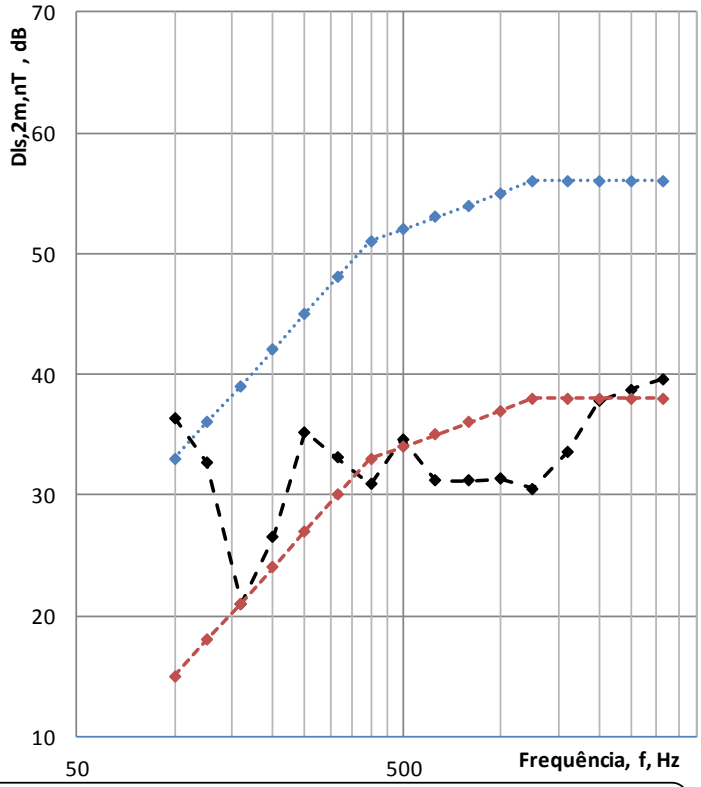
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1 - Quarto - 1º andar, vazio, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Área da Fachada: 14
Volume do compartimento receptor: 39

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$D_{ls,2m,nT}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	36.4
125	32.7
160	21.0
200	26.5
250	35.2
315	33.1
400	30.9
500	34.6
630	31.2
800	31.2
1000	31.3
1250	30.5
1600	33.5
2000	37.8
2500	38.7
3150	39.6
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{ls,2m,nT,w}(C,Ctr)=$ 34(-1;-3) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio:
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-5
Medição do isolamento sonoro de fachadas e de elementos de fachada

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

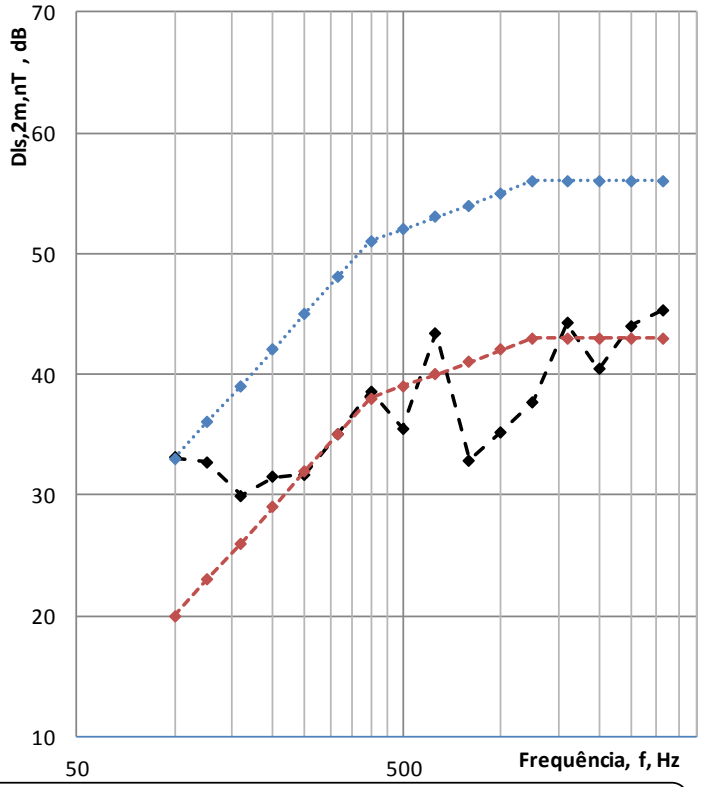
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar, vazio, com pavimento em madeira e
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Área da Fachada: 9
Volume do compartimento receptor: 30

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$D_{ls,2m,nT}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	33.1
125	32.7
160	29.9
200	31.5
250	31.7
315	35.0
400	38.6
500	35.5
630	43.4
800	32.9
1000	35.2
1250	37.7
1600	44.2
2000	40.4
2500	44.0
3150	45.3
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{ls,2m,nT,w}(C,Ctr)=$ 39(-1;-3) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-5
Medição do isolamento sonoro de fachadas e de elementos de fachada

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

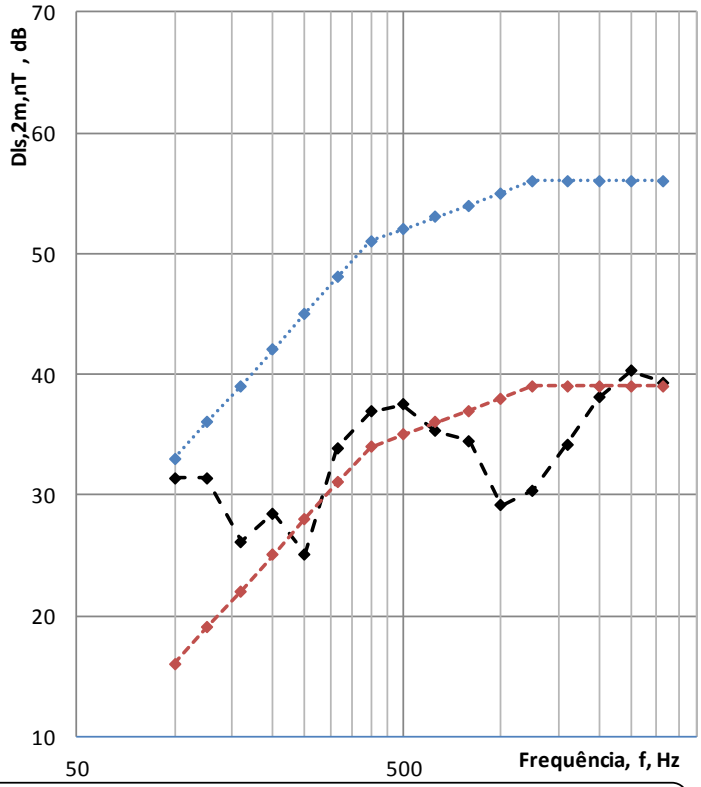
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7
Comércio- Rés-do-chão, vazio, com em tosco e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. 3 Envidraçados de 1,2 x 2,0 m2

Área da Fachada: 28
Volume do compartimento receptor: 312

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$D_{ls,2m,nT}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	31.4
125	31.4
160	26.1
200	28.5
250	25.1
315	33.9
400	36.9
500	37.5
630	35.3
800	34.5
1000	29.1
1250	30.4
1600	34.2
2000	38.1
2500	40.3
3150	39.3
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{ls,2m,nT,w}(C,Ctr)=$ 35(-2;-3) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

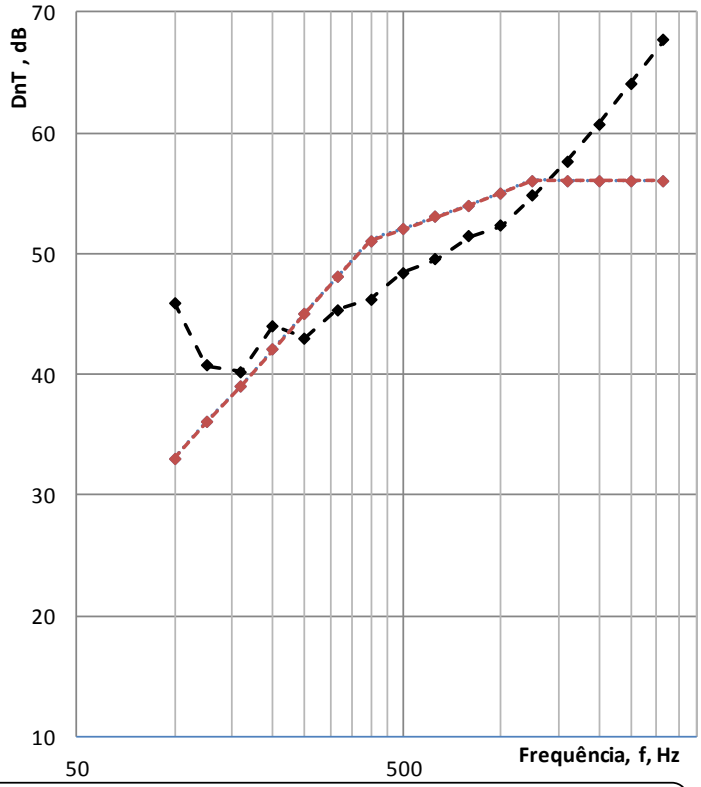
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1- Sala - 1º andar, vazia, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 2x1.2m2

Volume do compartimento emissor: 122
Volume do compartimento receptor: 122

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	45.9
125	40.7
160	40.2
200	44.0
250	43.0
315	45.3
400	46.2
500	48.4
630	49.5
800	51.4
1000	52.3
1250	54.8
1600	57.6
2000	60.7
2500	64.1
3150	67.7
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 52 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

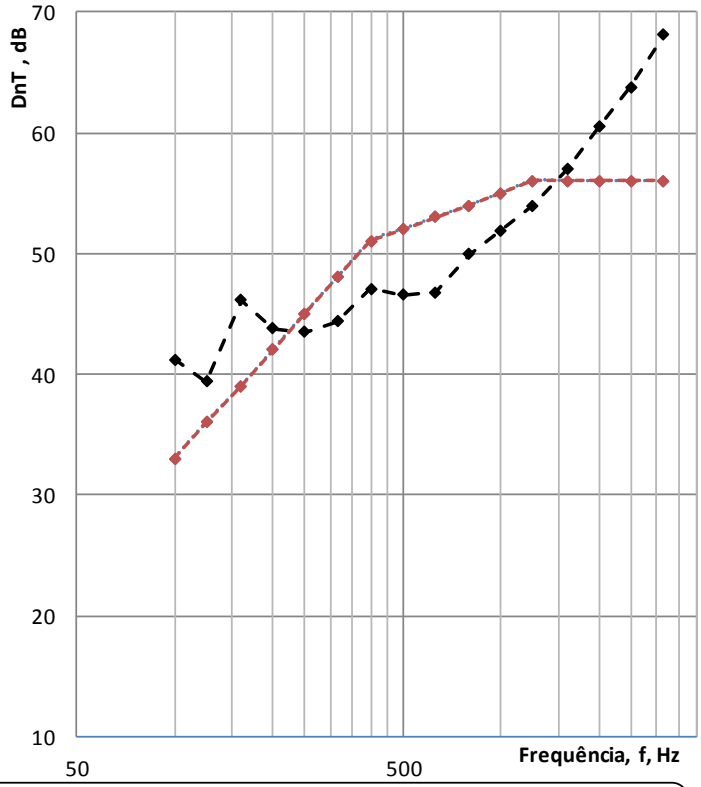
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1 - Quarto - 1º andar, vazio, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Volume do compartimento emissor: 39
Volume do compartimento receptor: 39

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	41.2
125	39.4
160	46.1
200	43.8
250	43.5
315	44.4
400	47.1
500	46.6
630	46.8
800	49.9
1000	51.9
1250	54.0
1600	57.0
2000	60.5
2500	63.8
3150	68.1
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 52 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

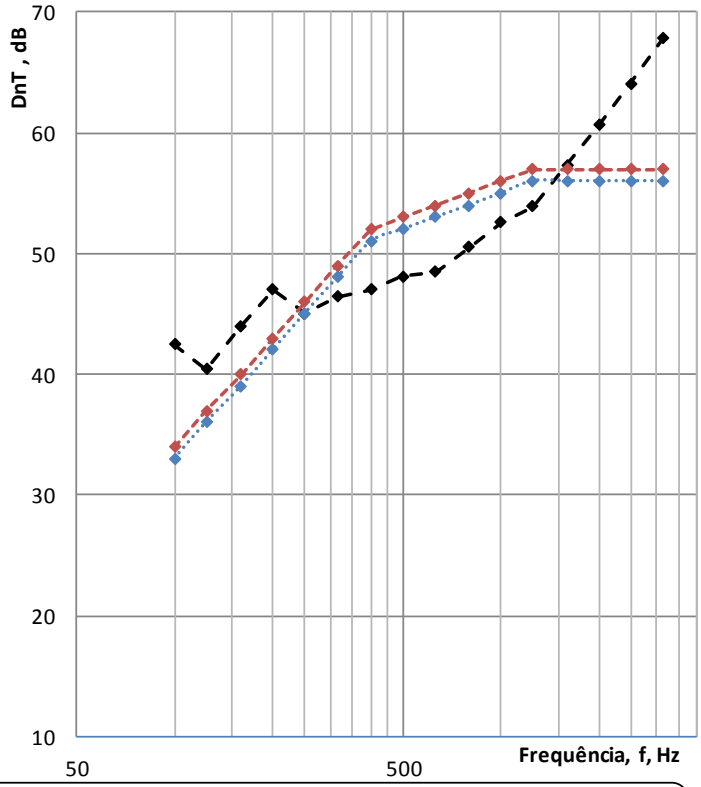
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1 - Quarto - 2º andar, vazio, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Volume do compartimento emissor: 39
Volume do compartimento receptor: 39

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	42.5
125	40.4
160	44.0
200	47.0
250	45.0
315	46.4
400	47.0
500	48.1
630	48.5
800	50.5
1000	52.6
1250	53.9
1600	57.3
2000	60.6
2500	64.1
3150	67.9
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 53 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

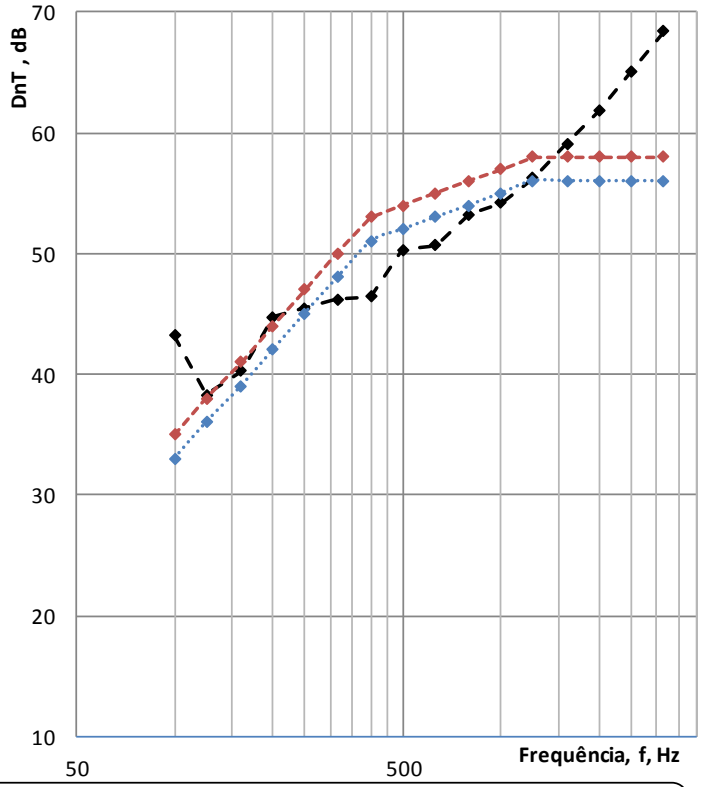
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1- Sala - 2º andar, vazia, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 2x1.2m2

Volume do compartimento emissor: 122
Volume do compartimento receptor: 122

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	43.2
125	38.3
160	40.3
200	44.7
250	45.5
315	46.2
400	46.4
500	50.3
630	50.7
800	53.2
1000	54.2
1250	56.2
1600	59.1
2000	61.8
2500	65.0
3150	68.4
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 54 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RDB-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

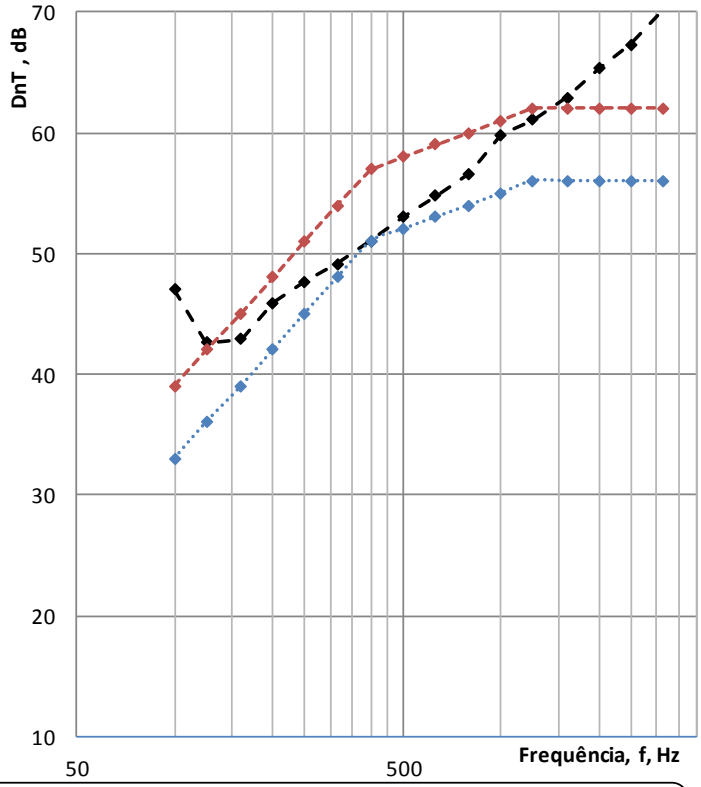
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar, vazio, com pavimento em madeira e
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Volume do compartimento emissor: --
Volume do compartimento receptor: 30

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	47.0
125	42.6
160	42.9
200	45.9
250	47.7
315	49.1
400	51.0
500	53.0
630	54.8
800	56.6
1000	59.8
1250	61.1
1600	62.9
2000	65.3
2500	67.3
3150	70.2
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 58 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

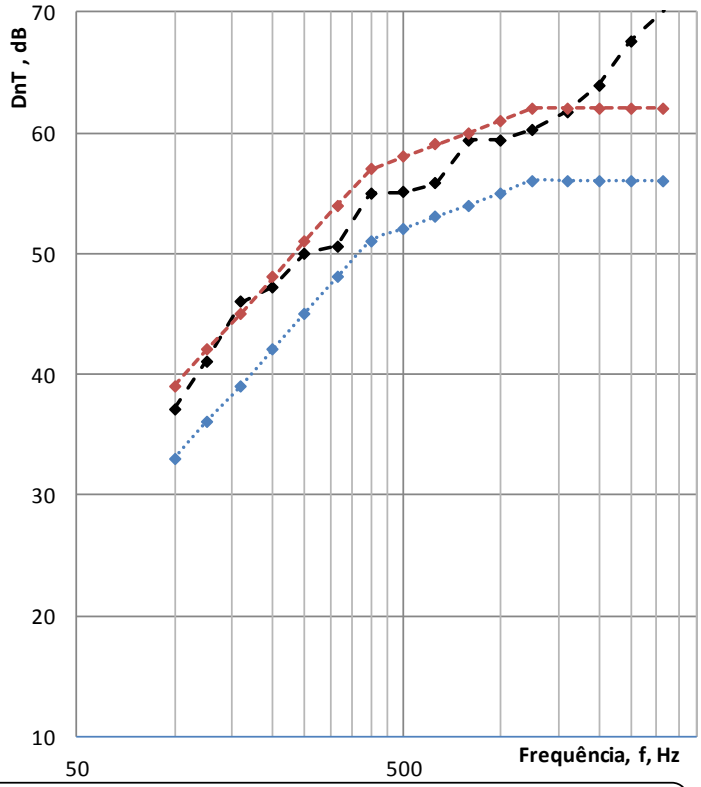
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar Dir., vazio, com pavimento em madeira, paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas.

Volume do compartimento emissor: --
Volume do compartimento receptor: --

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	37.1
125	41.1
160	46.0
200	47.2
250	50.0
315	50.6
400	55.0
500	55.1
630	55.8
800	59.4
1000	59.4
1250	60.3
1600	61.7
2000	63.9
2500	67.6
3150	70.1
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 58 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-4
Medição do isolamento sonoro a sons aéreos

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

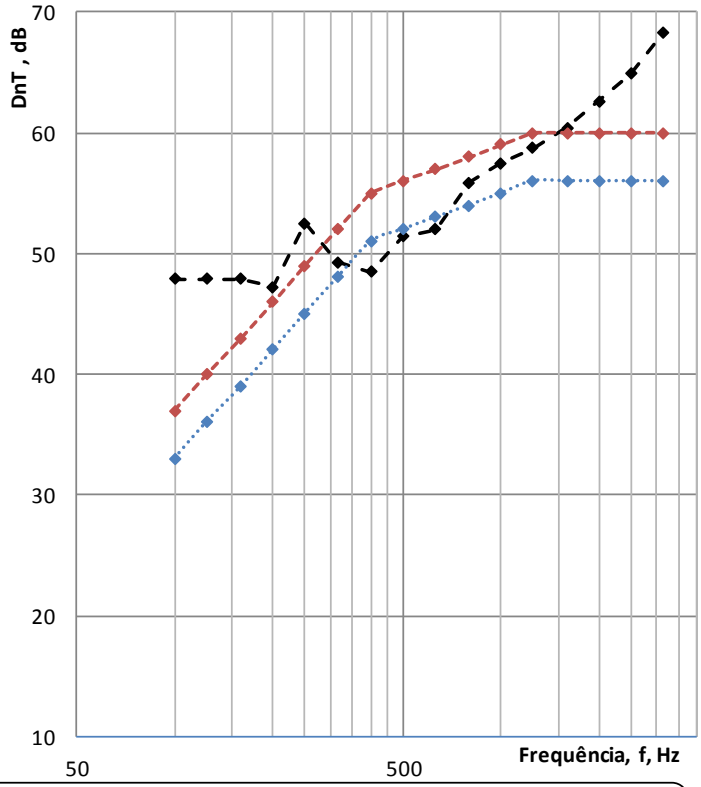
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar dir, vazio, com pavimento em madeira e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas.

Volume do compartimento emissor: --
Volume do compartimento receptor: --

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	D_{nT} 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	47.9
125	47.9
160	47.9
200	47.2
250	52.5
315	49.3
400	48.5
500	51.4
630	52.0
800	55.9
1000	57.5
1250	58.7
1600	60.4
2000	62.6
2500	64.9
3150	68.3
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-1 $D_{nT,w}(C;CTr)=$ 56 (-1;-5) dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-7
Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

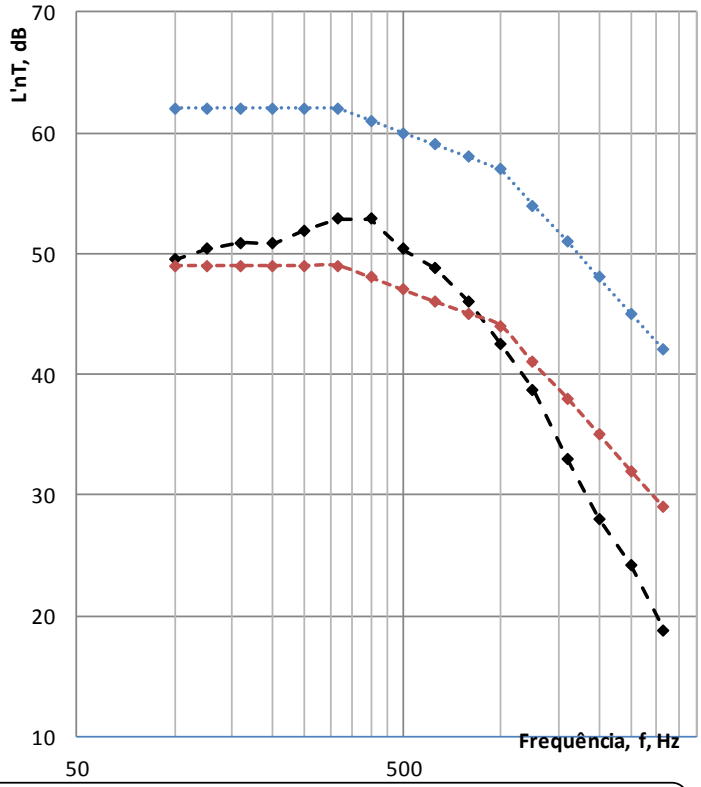
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1- Sala - 1º andar, vazia, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 2x1.2m2

Volume do compartimento emissor: 122
Volume do compartimento receptor: 122

Curva dos valores de referência (ISO 717-2)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	49.5
125	50.4
160	50.9
200	50.8
250	51.9
315	52.9
400	52.9
500	50.4
630	48.8
800	46.0
1000	42.5
1250	38.7
1600	33.0
2000	28.0
2500	24.2
3150	18.8
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 47 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Relatório de Ensaios Acústicos 0131-RL-RBD-00
SACHE - COOPERATIVA DE HABITAÇÃO
Data: 03-03-2014

Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

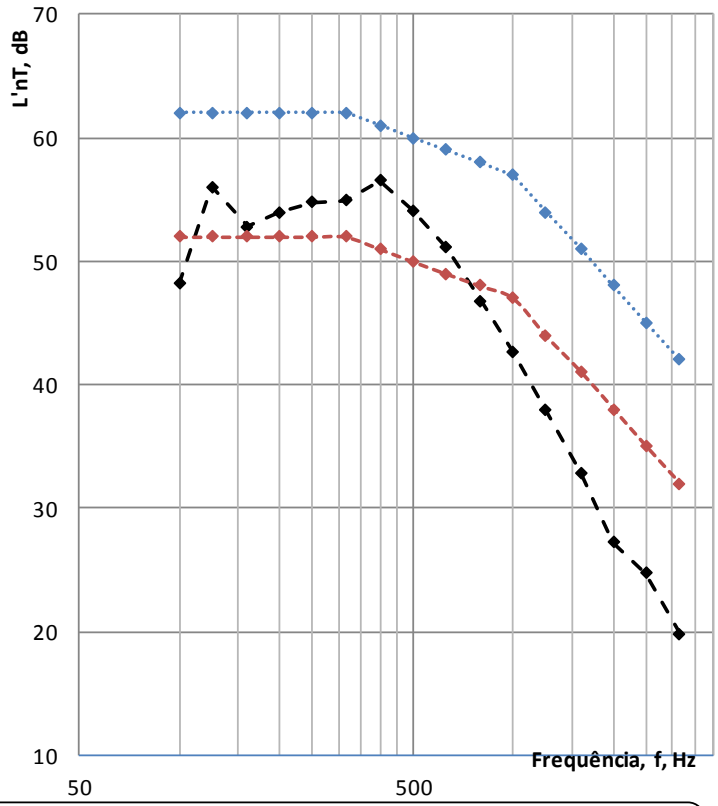
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1 - Quarto - 1º andar, vazio, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Volume do compartimento emissor: 39
Volume do compartimento receptor: 39

Curva dos valores de referência (ISO 717-2)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	48.2
125	56.0
160	52.8
200	54.0
250	54.8
315	54.9
400	56.5
500	54.1
630	51.1
800	46.8
1000	42.6
1250	37.9
1600	32.9
2000	27.2
2500	24.7
3150	19.8
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 50 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Relatório de Ensaios Acústicos 0131-RL-RBD-00
SACHE - COOPERATIVA DE HABITAÇÃO
Data: 03-03-2014

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-7
Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

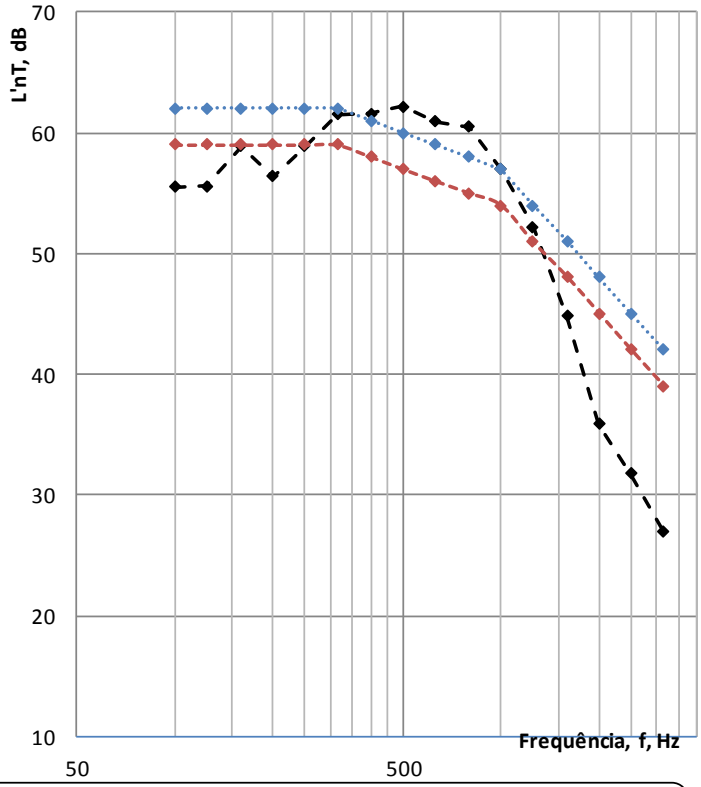
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1 - Quarto - 2º andar, vazio, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas.

Volume do compartimento emissor: 39
Volume do compartimento receptor: 39

Curva dos valores de referência (ISO 717-2)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	55.5
125	55.6
160	58.9
200	56.4
250	58.9
315	61.5
400	61.6
500	62.2
630	60.9
800	60.5
1000	57.0
1250	52.2
1600	44.8
2000	35.9
2500	31.8
3150	26.9
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 57 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-7
Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

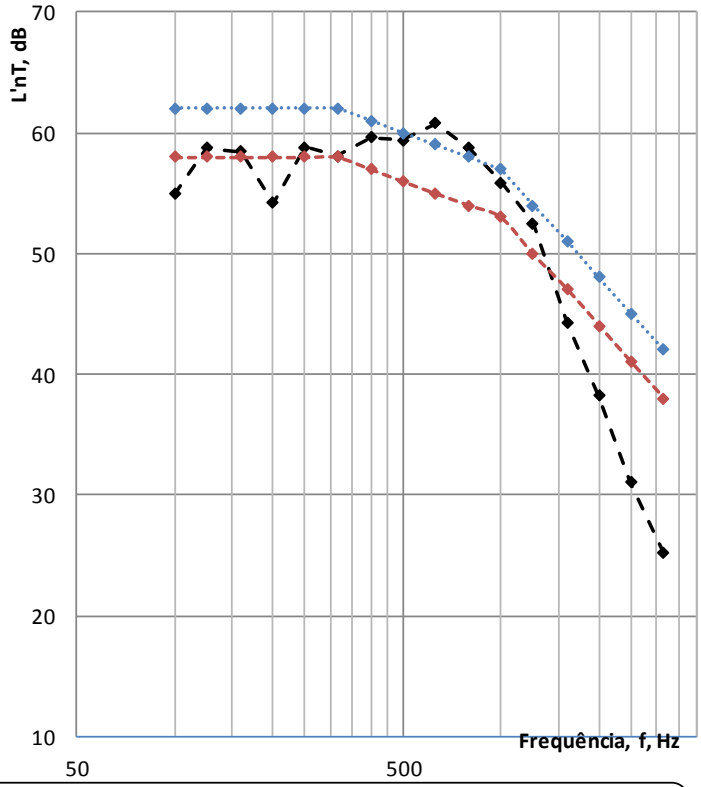
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 1- Sala - 2º andar, vazia, com pavimento em madeira
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 2x1.2m2

Volume do compartimento emissor: 122
Volume do compartimento receptor: 122

Curva dos valores de referência (ISO 717-2)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	54.9
125	58.7
160	58.4
200	54.2
250	58.8
315	58.1
400	59.6
500	59.4
630	60.8
800	58.7
1000	55.9
1250	52.5
1600	44.3
2000	38.2
2500	31.0
3150	25.2
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 56 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-7
Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

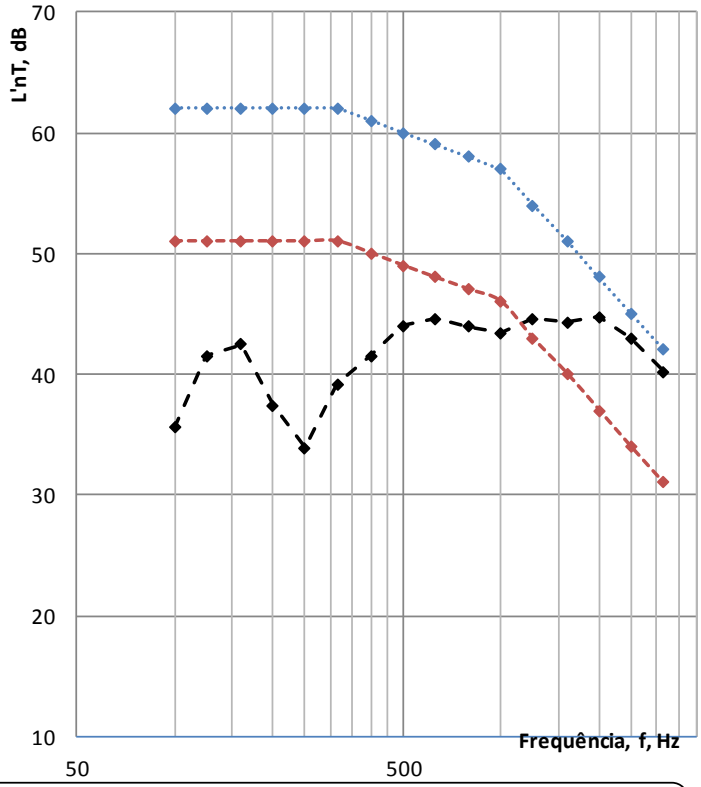
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar, vazio, com pavimento em madeira e
e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas. Altura de fachada de 4,15 metros. Envidraçado de 1.2x1.:

Volume do compartimento emissor: --
Volume do compartimento receptor: 30

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	35.6
125	41.5
160	42.5
200	37.4
250	33.9
315	39.2
400	41.5
500	44.0
630	44.6
800	43.9
1000	43.4
1250	44.6
1600	44.3
2000	44.7
2500	43.0
3150	40.2
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 49 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-7
Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

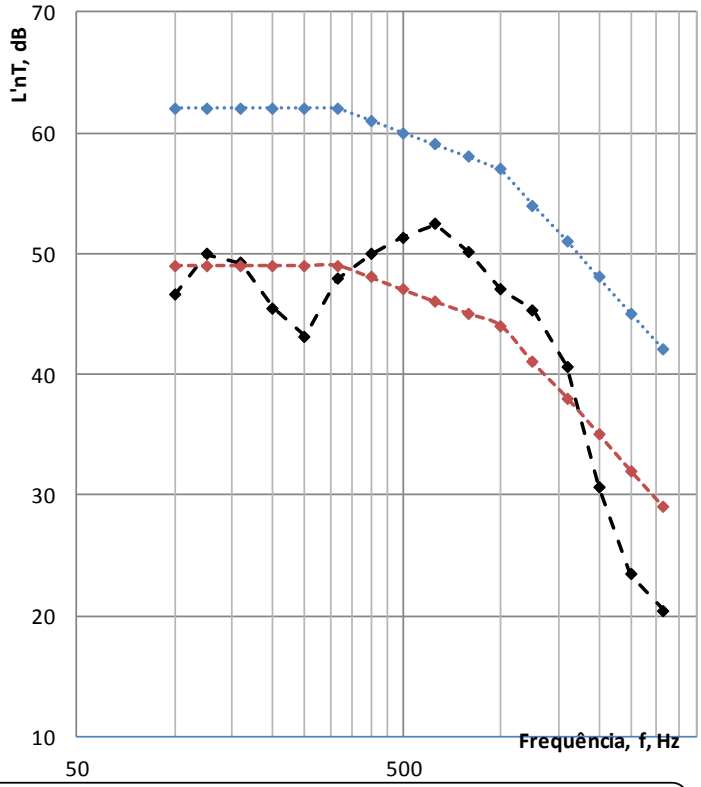
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar dir, vazio, com pavimento em madeira e paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas.

Volume do compartimento emissor: --
Volume do compartimento receptor: --

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	46.6
125	49.9
160	49.2
200	45.5
250	43.1
315	47.9
400	49.9
500	51.3
630	52.4
800	50.1
1000	47.0
1250	45.3
1600	40.6
2000	30.7
2500	23.4
3150	20.4
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 47 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

Isolamento sonoro padronizado de acordo com a norma ISO 140-7
Medição in situ do isolamento a sons de percussão

Cliente:
SACHE - Cooperativa de Habitação

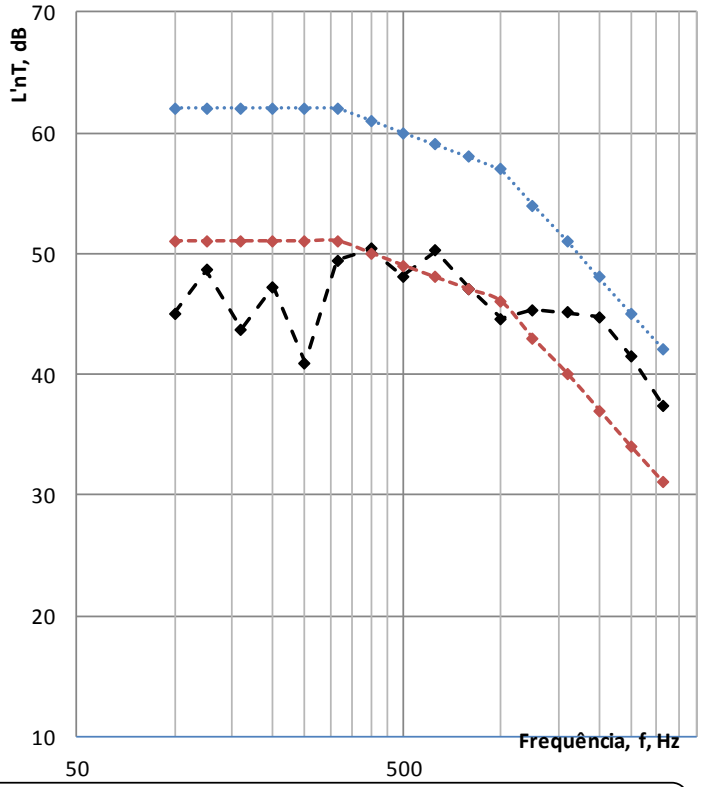
Data do ensaio:
28.02.2014

Descrição do edificio e identificação dos elementos de construção:
Bloco 7 (Nascente) -Quarto - 1º andar Dir., vazio, com pavimento em madeira, paredes e coberturas rebocadas.
Persianas estavam abertas.

Volume do compartimento emissor: --
Volume do compartimento receptor: --

Curva dos valores de referência (ISO 717-1)

f Hz	$L'_{nT,W}$ 1/3 8ª dB
50	
63	
80	
100	45.0
125	48.6
160	43.7
200	47.2
250	40.9
315	49.4
400	50.4
500	48.1
630	50.2
800	47.1
1000	44.6
1250	45.3
1600	45.1
2000	44.7
2500	41.5
3150	37.3
4000	
5000	



Determinação conforme a norma ISO 717-2 L'_{nTw}= 49 dB

Resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ

Nº do relatório de ensaio: 0131-RL-RBD-00
Laboratório de ensaio: ASL & Associados, Lda. Assinatura: _____
Data: Ver cabeçalho

5. Verificação/Calibração regulamentar dos equipamentos

Todos os equipamentos de medição e ensaio utilizados pelo laboratório com funções de medição relevantes para o resultado final estão devidamente calibrados por uma entidade reconhecida pelo IPAC, os seus certificados de calibração podem ser fornecidos caso solicitado.

6. Anexo técnico de acreditação

O anexo técnico de acreditação pode ser visualizado em: http://www.ipac.pt/pesquisa/ficha_lae.asp?id=L0612

Anexo Informativo

1. Definições

Sons aéreos: Ruídos com origem em emissões sonoras não comparticipadas pelos elementos de construção;

Tempo de reverberação: Intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica de um espaço fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial;

Ruído de fundo*:* Ruído global observado numa dada circunstância e instante, devido ao conjunto de fontes sonoras que fazem parte da periferia do local em estudo;

Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT}$ - Diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2m da fachada do edifício ($L_{1,2m}$), e o nível médio de pressão sonora medido no local recetor (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor segundo a expressão:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10\log\frac{T}{T_0}\ (dB)$$

Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, D_{nT}: 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 pela influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segunda a expressão:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10\log\frac{T}{T_0}\ (dB)$$

Nível sonoro de percussão padronizado, L'_{nT} - Nível médio (L_i) medido no compartimento recetor, proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido pela influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segundo a expressão:

$$L'_{nT} = L_i - 10\log\frac{T}{T_0}\ (dB)$$

Nível de avaliação padronizado, $L_{Ar,nT}$ - O nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, adicionado da correção devida às características tonais do ruído, K, e corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segundo a expressão:

$$L_{Ar,NT} = L_A + K - 10\log\frac{T}{T_0}\ (dB)$$

Em que:
T é o tempo de reverberação do compartimento recetor, em segundos; e
T_0 é o tempo de reverberação de referência, em segundos; para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis, ***T_0***=0.5 s; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuído em projeto, o valor de referência a considerar será o do respetivo tempo de dimensionamento;

Tempo de reverberação, T – 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;

Termos de adaptação, C ou C_{tr} Correção definida na EN ISO 717-1, função das características espectrais do ruído na emissão, a anexar ao índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

2. Enquadramento regulamentar

Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras (artigo 5º)

Ensaio	Local Emissor	Local Recetor	Limite regulamentar	
Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT,w}$	Exterior	Quartos ou zona de estar do fogo	Mista	≥33dB
			Sensível	≥28dB
	Notas: Quando a área translúcida superior a 60% do elemento da 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; Os valores obtidos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachadas, deve ser acrescido do facto I, no valor de 3 dB.			
Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{nT,w}$	Compartimentos de um fogo	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥50dB	
	Circulação comum	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥48dB	
	Caminho de circulação vertical, servido por ascensores	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥40dB	
	Parqueamento automóvel	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥50dB	
	Compartimento de Serviços	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≥58dB	
	Nota: Os valores obtidos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, deve ser acrescido do facto I, no valor de 3 dB.			
Nível sonoro de percussão padronizado, $L'_{nT,w}$	Pavimento de outros fogos	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≤60dB	
	Circulações comuns	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≤60dB	
	Compartimento de Serviços	Quartos ou zona de estar de outro fogo	≤50dB	
	Nota: Os valores obtidos para o isolamento sonoro a sons de percussão, deve ser diminuído do facto I, no valor de 3 dB.			

Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais (artigo 6º)

Ensaio	Local Emissor	Local Recetor	Limite regulamentar
Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT,w}$	Exterior	Escritórios	≥30dB
		Restantes recintos	≥25dB
	Notas: Quando a área translúcida superior a 60% do elemento da 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; Os valores obtidos para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachadas, deve ser acrescido do facto I, no valor de 3 dB.		

Tempo de reverberação, T	Refeitórios ou recintos públicos de restauração	Refeitórios ou recintos públicos de restauração	$0,15V^{1/3}$ (s)
	Escritórios com volume superior a $100m^3$	Escritórios com volume superior a $100m^3$	$0,15V^{1/3}$ (s)
	Nota: Os valores obtidos para o tempo de reverberação, deve ser diminuído do facto I, no valor de 25% do limite regulamentar.		

3. Descrição sumária do ensaio

3.1. Sons aéreos

Ver ponto 4

O ensaio realizado, corresponde à verificação do isolamento sonoro ao som aéreo, o tempo de reverberação e o ruído de fundo no compartimento recetor:

Procedimentos:
L_1:
-Utilizar, no mínimo, 5 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo compartimento e 2 posições para a fonte sonora;
-O número mínimo de medições a realizar é de 10, correspondendo a uma medição em cada posição do microfone para cada posição da fonte sonora;
-Para cada posição individual do microfone o intervalo de tempo de medição deve ser, pelo menos, de 6 s.

L_2:
-Utilizar, no mínimo, 5 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo recinto recetor e 2 posições para a fonte sonora no recinto emissor;
-O número mínimo de medições a realizar é de 10, correspondendo a uma medição em cada posição do microfone para cada posição da fonte sonora;
-Para cada posição individual do microfone o intervalo de tempo de medição deve ser, pelo menos, de 6 s;

B_2:
-Caracterizar o ruído de fundo no compartimento recetor, por bandas de frequências de 1/3 de oitava, entre os 100 Hz e os 3 150 Hz;
-O intervalo de tempo de medição deve permitir obter um valor representativo do nível sonoro do ruído de fundo no compartimento recetor, em condições idênticas às ocorridas durante a determinação de L2.

T_2:
-Utilizar 3 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo compartimento e uma posição para a fonte sonora;
-O número mínimo de medições a realizar é de 6, correspondendo a duas leituras em cada posição do microfone.

3.2. Sons de percussão

Ver ponto 4

O ensaio realizado, corresponde à verificação do isolamento a sons de percussão, o tempo de reverberação e o ruído de fundo no compartimento recetor:

Procedimentos:

L_1:
Medição efetuada para verificar se há necessidade de correção da influência dos sons aéreos provocados pela máquina de percussão.

L_2:
-Utilizar, no mínimo, 6 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo recinto recetor e 4 posições para a fonte sonora no recinto emissor.
-Para cada posição individual do microfone o intervalo de tempo de medição deve ser, pelo menos, de 6s.

B_2:
-Caracterizar o ruído de fundo no compartimento recetor, por bandas de frequências de 1/3 de oitava, entre os 100 Hz e os 3 150 Hz;
-O intervalo de tempo de medição deve permitir obter um valor representativo do nível sonoro do ruído de fundo no compartimento recetor, em condições idênticas às ocorridas durante a determinação de Li.

T_2:
-Utilizar 3 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo compartimento e uma posição para a fonte sonora;
-O número mínimo de medições a realizar é de 6, correspondendo a duas leituras em cada posição do microfone.

3.3. Sons aéreos da fachada

Descrição da fachada:
Ver ponto 4

O ensaio realizado, corresponde à verificação do isolamento sonoro ao som aéreo da fachada, o tempo de reverberação e o ruído de fundo no compartimento recetor:

Procedimentos:
L_1:
- Colocar a fonte sonora numa ou mais posições, fora do edifício, e a uma distância da fachada no mínimo de 5,0 m.

L_2:
-Utilizar, no mínimo, 5 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo recinto recetor.
-O número mínimo de medições a realizar é de 5, correspondendo a uma medição em cada posição do microfone.
-Para cada posição individual do microfone o intervalo de tempo de medição deve ser, pelo menos, de 6 s.

B_2:
-Caracterizar o ruído de fundo no compartimento recetor, por bandas de frequências de 1/3 de oitava, entre os 100 Hz e os 3 150 Hz;
-O intervalo de tempo de medição deve permitir obter um valor representativo do nível sonoro do ruído de fundo no compartimento recetor, em condições idênticas às ocorridas durante a determinação de L2.

T_2:
-Utilizar 3 posições de medição para o microfone, distribuídas uniformemente pelo compartimento e uma posição para a fonte sonora;
-O número mínimo de medições a realizar é de 6, correspondendo a duas leituras em cada posição do microfone.

3.4. Tempo de reverberação

Esquema do compartimento ensaiado
Ver ponto 4

Procedimentos
Para a medição do tempo de reverberação, no método de engenharia devem ser utilizadas 6 medições, correspondendo a duas posições da fonte, com dois decaimentos em duas posições do microfone.
A posição da fonte sonora deve ser a posição normal de acordo com o uso da sala, no entanto em pequenas salas domésticas ou locais em que o uso não está definido, uma posição da fonte deve ser no canto da sala.

A validação da curvatura do decaimento é efetuada com o recurso ao sonómetro, que a efetua automaticamente.
A média dos tempos de reverberação por frequência é efetuada através de média aritmética simples.

4. Fotografias do local

Fachadas do bloco 1

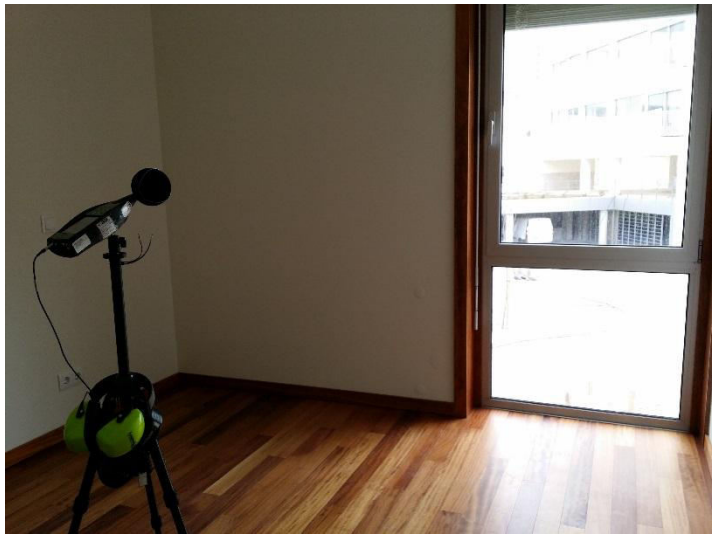
Fachadas dos restantes blocos

Fachadas do Bloco 8

Fachadas do Bloco 7

Fachadas do Bloco 7

Sala Tipo



Quarto Tipo

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Instituto Superior de Engenharia do Porto ⊙ Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 ⊙ 4200-072 Porto
Tel. +351 228 340 500 ⊙ Fax +351 228 321 159 ⊙ mail@isep.ipp.pt ⊙ www.isep.ipp.pt